

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra materiálů

Studijní program: M2301 Strojní inženýrství
Obor: 2303 T002 Strojírenská technologie
Zaměření: Materiálové inženýrství

**Automatizované vyhodnocování vizuálních vadových
indikací při aplikaci metody magnetické práškové**

**Automatic evaluation of the visual discontinuity
indications for the magnetic particle method application.**

Vladimír Procházka

KMT 223

Vedoucí diplomové práce: doc.Ing. Karel Dad'ourek, CSc.
Konzultant diplomové práce: Ing. Radek Salač – ATG Praha

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 75
Počet obrázků: 27
Počet tabulek: 10
Počet grafů: 5
Počet příloh: 6

V Liberci, 24.května 2006

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 24.května 2006

Podpis: Vladimír Procházka

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra materiálů

Hálkova 6, 461 17 Liberec 1

Tel.: 48 535 3236, fax: 48 535 3535

ANOTACE

Jméno: **Vladimír Procházka**
Fakulta: **Strojní – Katedra materiálů**
Obor: **Strojírenská technologie**
Zaměření: **Materiálové inženýrství**
Zadání diplomové práce: **Automatizované vyhodnocování
vizuálních vadových indikací při aplikaci
metody magnetické práškové**
Číslo diplomové práce: **KMT – 223**
Vedoucí diplomové práce: **doc.Ing. Karel Dad'ourek, CSc.**
Konzultant diplomové práce: **Ing. Radek Salač – ATG s.r.o. Praha**

Tato diplomová práce se zabývá dílčí částí automatizovaného vyhodnocování obrazových záznamů z nedestruktivního zkoušení vzorků magnetickou práškovou metodou s použitím výpočetní techniky.

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout všeobecné principy a podmínky pro digitální záznam obrazových dat při automatizovaném vyhodnocování.

Klíčová slova: **magnetická prášková metoda; automatizované vyhodnocování; UV osvětlení; optické filtry; obrazová analýza**

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra materiálů

Hálkova 6, 461 17 Liberec 1

Tel.: 48 535 3236, fax: 48 535 3535

ANNOTATION

Name: **Vladimír Procházka**
Faculty: **Mechanical – Department of material science**
Specialization: **Engineering technology**
Focusing: **Material engineering**
Theme of thesis: **Automatic evaluation of the visual discontinuity
indications for the magnetic particle application**
Number of thesis: **KMT – 223**
Leader of thesis: **doc.Ing. Karel Dad'ourek, CSc.**
Consulter: **Ing. Radek Salač – ATG s.r.o. Praha**

The Diploma thesis is aimed on the analysis of the magnetic particle non-destructive testing and display image evaluating by the computer technique. The suggesting of the general principles and conditions for the digital logging in the process of the automatic evaluation was aim of the Diploma thesis.

Key words: **magnetic particle method; automatic evaluation; UV lighting;
optical Filters; visual analyse**

Poděkování

Rád bych vyjádřil poděkování svému konzultantovi z firmy ATG s.r.o. Ing. Radku Salačovi za zasvěcení do problematiky, odborné připomínky a sestavení maker, Josefu Krejčovi za cenné rady a vedoucímu své diplomové práce doc.Ing. Karlu Daďourkovi, CSc. za vstřícnost.

OBSAH:

1. ÚVOD.....	9
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	10
2.1. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŽKA – MAGNETICKÁ METODA	
PRÁŠKOVÁ ..	10
2.1.1. Defektoskopické metody.....	10
2.1.2. Zkoušení magnetickou práškovou metodou.....	12
2.1.2.1. Princip magnetické práškové zkoušky	12
2.1.2.2. Magnetické prášky.....	13
2.1.2.3. Způsoby magnetizace.....	14
2.1.2.4. Druhy magnetovacích přístrojů.....	16
2.1.2.5. Zjistitelnost vad magnetickou práškovou metodou.....	16
2.1.2.6. Způsob kontroly.....	16
2.1.2.7. Automatizované vyhodnocování.....	17
2.1.2.8. Použití výpočetní techniky.....	18
2.2. UV OSVĚTLENÍ.....	19
2.2.1. Výbojkové lampy.....	19
2.2.2. LED diody.....	21
2.3. SNÍMACÍ TECHNIKA.....	23
2.3.1. Digitální záznam.....	23
2.3.2. Analogový fotoaparát.....	23
2.3.3. Digitální fotoaparát.....	24
2.3.4. Digitální kamera.....	29
2.3.5. Archivace dat s využitím komprese.....	30
2.3.5.1. JPEG.....	31
2.3.5.2. MPEG.....	31
2.4. OPTICKÉ FILTRY.....	32
2.4.1. Polarizační filtr.....	32
2.4.2. Barevný filtr.....	36
2.5. OBRAZOVÁ ANALÝZA.....	37
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	39
3.1. VOLBA PRÁŠKU.....	39
3.2. VÝBĚR VHODNÝCH VZORKŮ.....	41
3.3. ZPŮSOBY MAGNETIZACE.....	43

3.4. OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA.....	44
3.4.1. Labino PH135.....	44
3.4.1.1. Osvětlovací úhly.....	46
3.4.2. LED Diody.....	47
3.5. SNÍMACÍ TECHNIKA.....	52
3.5.1. Olympus C-4000 Zoom.....	52
3.5.2. Černobílá kamera DVC-1310.....	54
3.6. OPTICKÉ FILTRY.....	56
3.6.1. Polarizační filtr.....	56
3.6.2. Barevný filtr.....	61
3.6.3. Kombinace barevného a polarizačního filtru.....	61
3.7. OBRAZOVÁ ANALÝZA.....	63
3.7.1. Použité způsoby předzpracování.....	63
3.7.2. Prahování a měření objektů.....	64
3.7.3. Obrazová analýza z hlediska optických filtrů.....	65
4. DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	67
4.1. Volba osvětlovací techniky: porovnání výsledků při použití výbojkové lampy a LED diod pro osvětlení vzorků.....	68
4.2. Volba snímací techniky: Porovnání výsledků při použití digitálního fotoaparátu Olympus C-4000 Zoom a černobílé digitální kamery DVC-1310.....	69
4.3. Volba příslušenství snímací techniky – optické filtry.....	70
4.3.1. Bez použití optických filtrů.....	70
4.3.2. Dvojice polarizačních filtrů.....	70
4.3.3. Oranžový filtr.....	71
4.3.4. Kombinace barevného a dvojice polarizačních filtrů.....	71
4.4. Výsledky obrazové analýzy.....	72
4.4.1. Porovnání metod předzpracování.....	72
4.4.2. Z hlediska použitých optických filtrů.....	72
5. ZÁVĚR.....	73

1. ÚVOD

Automatizované vyhodnocování je moderní, ekonomická, reprodukovatelná a velmi progresivní metoda umožňující rychle poskytnout velmi přesné informace o zkoušeném dílci v automatizované výrobě. Uplatňuje se zejména při kontrole materiálů a jejich vyhodnocování.

V této diplomové práci se zabývám dílčím vývojem aplikací automatického vyhodnocování v oblasti magnetické metody práškové, která patří k relativně rychlým a levným metodám nedestruktivního zkoušení. Cílem je navrhnout pomocí vybraných snímacích a osvětlovacích technik vhodné postupy a principy, pro pořízení kvalitního záznamu obrazové informace takového charakteru, aby jej následné zařízení pro automatické vyhodnocování mohlo co nejnázne a nejrychleji zpracovat. Tyto poznatky dále ověřit na sadě vybraných vzorků.

Smyslem této práce nebylo vytvořit plně automatizovaný systém, ale podmínky pro pořízení kvalitních obrazových dat, což je jeden ze základních pilířů úspěšně fungujícího automatického vyhodnocování.

Zadavatelem tématu je firma ATG s.r.o. (Advanced Technology Group) se sídlem v Praze Letňanech. Hlavním produktem firmy ATG s.r.o. jsou systémy zajišťování jakosti při výrobě a provozu technických zařízení.

Zákazníky ATG s.r.o. jsou podniky ze všech odvětví průmyslu, zejména leteckého a automobilového, energetického a jaderného strojírenství, sléváren, válcoven a kováren, chemie a plynárenství.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ – MAGNETICKÁ PRÁŠKOVÁ METODA

2.1.1. Defektoskopické metody

Defektoskopické metody zkoušení materiálů umožňují identifikovat skryté vady bez porušení kontrolovaného polotovaru nebo výrobku. Identifikovat lze skryté i vizuálně nepozorovatelné vady. Identifikací se rozumí prokázání (případně i zdokumentování) její přítomnosti, často také informace o tvaru, velikosti a umístění vady ve zkoušeném dílci. Defektoskopické metody mají charakter nepřímých zkoušek, vyhodnocuje se vhodná fyzikální veličina (nebo jev), jejíž hodnota (průběh) je jednoznačně ovlivněna přítomností vady. Každá defektoskopická metoda má proto svá omezení vyplývající z její fyzikální podstaty. Pro objektivní hodnocení se proto využívá kombinace defektoskopických metod, která závisí na druhu materiálu, na tvaru a rozměrech zkoušeného dílce a na přístupnosti kontrolovaného místa. [1]

Hlavní význam defektoskopických zkoušek je v tom, že zajišťují odhalení skrytých vad již během výrobního procesu před dalšími výrobními operacemi. Umožňují včasné vyřazení rozpracované vadné součásti z výroby a ušetřit další výrobní operace, jejichž náklady často mnohonásobně převyšují cenu polotovaru. Skryté vady většinou ohrožují provozní bezpečnost součásti, zeslabují nosný průřez, mívají nebezpečný vrubový účinek, snižují odolnost proti korozi, nebo korozi přímo vyvolávají a zaviňují netěsnosti výrobku. [2]

Mezi nejdůležitější defektoskopické metody patří :

- Zkoušení vizuální
- Zkoušení prozařováním
- Zkoušení ultrazvukem
- Zkoušení magnetickými metodami
- Zkoušení kapilárními metodami
- Zkoušení vířivými proudy

Porovnání jednotlivých metod z hlediska použitelnosti, vhodnosti materiálů, rychlosti vyhodnocování a finanční náročnosti je uvedeno v následujících tabulkách 1 a 2.

Defektoskopická metoda	Povrchové vady	Podpovrchové vady	Vnitřní vady	Obvykle zkoušené materiály
Vizuální	Ano	Ne	Ne	Téměř jakýkoliv
Prozařovací	Ano	Ano	Ano	Téměř jakýkoliv
Ultrazvuková	Ano	Ano	Ano	Dobře akusticky vodivý (kovy, kompozity apod.)
Magnetická	Ano	Ano	Ne	Pouze feromagnetické
Kapilární	Ano	Ne	Ne	Téměř jakýkoliv (neporézní)
Vířivoproudá	Ano	Ano	Ne	Elektricky vodivé s velmi nízkou permeabilitou

Tab. č.1 POUŽITELNOST jednotlivých metod NEDESTRUKTIVNÍHO zkoušení

Defektoskopická metoda	Rychlost Metody Obecně	Relativní rychlost metody při automatizaci	Finanční náročnost
Vizuální	Rychlá	Rychlá	Velmi malá
Prozařovací	Pomalá	Rychlá	Velká
Ultrazvuková	Pomalá	Střední	Velká
Magnetická	Střední	Rychlá	Střední
Kapilární	Pomalá	Pomalá	Malá
Vířivoproudá	Rychlá	Rychlá	Velká

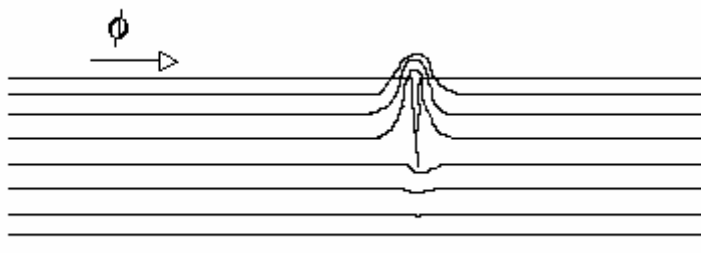
Tab. č.2 Rychlost a finanční náročnost jednotlivých metod NEDESTRUKTIVNÍHO zkoušení

2.1.2. Zkoušení magnetickou práškovou metodou

Jedním z nejběžnějších způsobů nedestructivního testování je magnetická prášková metoda, která se používá pro detekci povrchových a mírně podpovrchových vad. V následujícím textu je podrobněji vysvětlen její princip a způsob, jakým je prováděna v praxi.

2.1.2.1. Princip magnetické práškové zkoušky

Při vložení předmětu z feromagnetického materiálu do magnetického pole, probíhají siločivky tohoto pole v závislosti na směru magnetického toku. V případě, že je materiál porušen trhlinou orientovanou kolmo na směr magnetických siločivek, tvoří pro ně překážku, kterou se snaží překonat. Vystupují proto na povrch předmětu a v místě trhliny vytvářejí rozptylové magnetické pole.



Obr. č.1 Průběh magnetických siločar v případě vady

Pokryje-li se zkoušený povrch slabou vrstvou magnetického prášku, zachytí pole jemné prachové částice a tím znázorní tvar detekované necelistvosti materiálu. Na ostatním povrchu, kde je materiál neporušen, není magnetický prášek přitahován. Necelistvost je indikována i tehdy, kdy je vada natolik těsně sevřená, že ji nelze pozorovat pouhým okem, případně nevyústíuje na povrch, ale končí těsně pod ním. [3] Feromagnetický prášek může být suchý nebo rozptýlený v kapalině nižší viskozity, kterou je zpravidla minerální olej, petrolej nebo upravená voda. Pro usnadnění indikace může být suspenze,

ve které je feromagnetický prášek rozptýlen, zbarvena nebo může obsahovat fluorescenční přísadu. [1]

2.1.2.2. Magnetické prášky

Magnetický prášek by měl být schopen tvořit dobře viditelné a ohraničené indikace necelistvostí materiálu, což je podmíněno vlastnostmi magnetickými a optickými. Co se týče magnetických vlastností, měl by být prášek magneticky stejnorodý a z feromagnetického materiálu o vysoké permeabilitě, aby reagoval citlivě i na nejmenší rozptylová pole, zároveň však musí vykazovat malou remanenci, aby vytvářel málo falešných indikací. [3] Optické vlastnosti ovlivňuje buď barva (v případě barevných prášků), která může být černá, šedá či červená nebo jeho fluorescence (v případě fluorescenčních prášků), jejíž intenzita je vyjádřena fluorescenčním koeficientem β viz. níže. Většina prášků fluoreskuje žlutozeleně. Optické vlastnosti jsou dále podmíněny velikostí práškových částic, tvarem a chemickým složením. Střední velikost zrna má být zvolena tak, aby odpovídala předpokládané šířce vady. Pokud je velikost prášku podstatně menší, než šířka materiálové vady, pak nemůže magnetický rozptylový tok nahromaděný prášek udržet. Pokud je to naopak, pak je prášek vtažen do vady a způsobí přenos magnetického toku přes nahromaděný prášek ve vadě, čímž výrazně zeslábně rozptylové pole a v důsledku se též sníží schopnost tvorby indikace. Tvary zrn se volí geometrickým kompromisem nebo se míchají kulovité a podélné částičky. Kulovitá prášková částička je velice pohyblivá, nepřitáhne se však dostatečně k rozptylovému poli, vzhledem ke svému tvaru, u podélné je dobré přitažení, ale zejména na hrubých površích špatná pohyblivost. [3]

Pro volbu barevného prášku je podstatný jeho kontrast, který vytváří proti zkušební ploše. Barva indikace ku barvě zkušební plochy se rovná barevný kontrast. Světlé plochy se dají zkoušet nejlépe černým práškem. Černé zkušební plochy se pro tento případ mohou natřít bílou barvou. Barevné prášky se nejčastěji vyrábí z feromagnetických zrn. Tzn., že celé zrno je magnetizovatelné. Výjimku tvoří magnetické prášky, kde jsou jednotlivá zrna

přibarvena. Např. žluté suché prášky mají nižší permeabilitu. Totéž platí pro fluorescenční prášky, které se skládají z feromagnetického zrna a fluorescenčního pigmentu.

V magnetické práškové metodě existují dva zkušební postupy, tzv. suchý a mokrý způsob, podle druhu nanášeného detekčního prostředku.

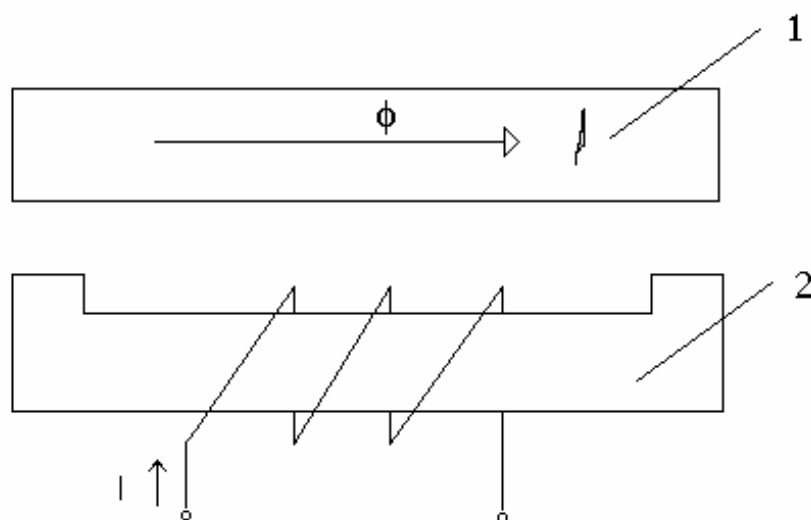
Magnetický prášek pro suchý způsob je hrubozrnější (40-400 μ m), na povrch se naprašuje ručně, elektrostatickou pistolí nebo sprejem. Citlivost této metody je díky velikosti zrn prášku nízká a pro zjišťování jemných necelistvostí se nehodí. Naopak u velkých necelistvostí je rozeznatelnost vad lepší než při mokrému způsobu pro výraznější kresbu indikace. Suchý postup se používá poměrně zřídka. Uplatňuje se zejména u výrobků, jejichž povrch nesmí být smáčen, u velkých výkovků nebo odlitků, kde se zjišťují rozměrnější vady a pro kontrolu za tepla.

Při mokrému polévacím způsobu se nanáší na zkoušený povrch magnetický prášek ve formě suspenze, a to poléváním, nástřikem ze sprejů, pistolí, případně se zkoušený výrobek do suspenze ponořuje. Pro polévací způsob se používá jemného prášku o zrnitosti 1-40 μ m, což umožňuje zjistit i velmi malé necelistvosti. Detekčními prostředky pro tuto metodu jsou olejové nebo vodné suspenze barevného nebo fluorescenčního magnetického prášku. Tyto suspenze se připravují smíšením magnetického prášku buď v suchém stavu, nebo ve formě pasty či koncentrátu s nosnou kapalinou (olej, petrolej nebo voda s přísadami smáčedla, protikoroziního přípravku a látky snižující pěnivost suspenze) v určité koncentraci, která by neměla být ani snižována, ani zvyšována. Nízké koncentrace zaviňují nedostatečnou kresbu jemných necelistvostí. Vysoké koncentrace prášku v nosné kapalině způsobují zvýšené zabarvení nebo fluorescenci pozadí, což obojí vede ke zhoršení rozeznatelnosti vad. [4]

2.1.2.3. Způsoby zmagnetování výrobků

Zjistitelnost jednotlivých vad, které mohou být různě orientovány, je závislá na způsobu zmagnetování. Používají se tyto tři způsoby:

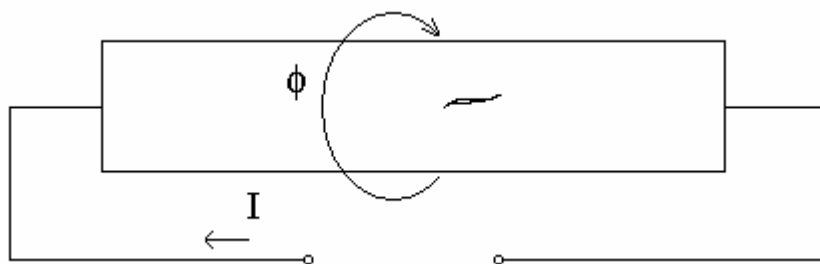
- a) Podélná magnetizace – silokřivky probíhají zkoušeným výrobkem podélně od jednoho pólu magnetu k druhému. Toho lze dosáhnout použitím elektromagnetu napájeného střídavým (stejnosemárným) proudem nebo použitím magnetizační cívky. Podélnou magnetizací lze zjistit necelistvosti výrobku orientované kolmo na směr magnetických silokřivek.



Obr. č.2 Podélná magnetizace

1 – vada ve zkoumaném materiálu, 2 – elektromagnet

- b) Příčná magnetizace – dosahuje se jí přímým průchodem stejnosměrného (střídavého) proudu zkoušeným výrobkem nebo se použije pomocný vodič umístěný v otvoru výrobku. Umožňuje zjišťovat podélné necelistvosti.



Obr. č. 3 Příčná magnetizace

- c) Kombinovaná magnetizace – výrobek se zmagnetuje podélně i příčně a lze takto indikovat jakkoliv orientované necelistvosti.

2.1.2.4. Druhy magnetovacích přístrojů

Magnetovací přístroje používané při magnetické práškové metodě lze rozdělit do dvou základních skupin, na přenosné a stacionární přístroje.

Do první skupiny patří ruční magnety pracující způsobem pólového magnetování, které jsou ve tvaru malého jha, dále pak přenosné proudové zdroje, což jsou robustní transformátory a mobilní proudové zdroje, které jsou výkonnější obdobou přenosných proudových zdrojů.

Stacionární univerzální přístroje jsou určeny pro sériovou provozní kontrolu. Tato zařízení umožňují kombinované magnetování, předmět je při zkoušce upnut mezi hlavicemi, které jsou zároveň póly magnetického jha. Na těchto přístrojích lze zkoušet tvarově odlišné výrobky. Pro hromadnou kontrolu stejných nebo podobných součástí se používají stacionární automatizovaná zařízení, jejichž stupeň automatizace a mechanizace je natolik vysoký, že úkol pracovníka se omezuje pouze na konečné vizuální hodnocení vad. [4]

2.1.2.5. Zjistitelnost vad magnetickou práškovou metodou

Magnetickou práškovou metodou jsou nejlépe zjistitelné trhliny a vady rovinného charakteru, které se ostře zobrazí na povrchu výrobku. Dobře identifikovatelné jsou také řádkové vměstky u tvářených materiálů. Přeložky a pleny vyúsťující na povrch výrobku jsou jen obtížně zjistitelné díky nevhodné orientaci vyvolávající málo výrazné rozptylové pole. Póry jsou zřetelně indikovány jen v případě, kdy vytvářejí řádky nebo shluky. Vady prostorového charakteru nemívají dostatečně ostrou kresbu, aby bylo možné jejich objektivní hodnocení.

2.1.2.6. Způsob kontroly

Hodnocení vad se při magnetické práškové metodě provádí vizuálně a to ihned po nanesení detekčního prostředku a magnetování.

Při použití barevného prášku se hodnotí v rozptýleném bílém světle při intenzitě osvětlení nejméně 500 lx. Nepoužívá se bodových zdrojů, které vytvářejí zejména na lesklém povrchu ostré světelné přechody a odlesky.

Hodnotí-li se vady zviditelněné pomocí fluorescenčních prášků, musí být intenzita ozáření zkoušeného povrchu nejméně 8 až 10 W.m⁻². Hodnocení se provádí v černém světle ultrafialového zdroje.

Tento způsob kontroly je náročný na zrak pracovníka, proto je doporučeno, aby vizuální prohlídku prováděl pouze po dobu čtyř hodin za směnu s přestávkou po dvou hodinách. [4]

Zjištěné indikace se vyhodnocují podle předepsané normy nebo předpisu a určuje se, zda zkoušená součást normě vyhovuje či nikoliv. Norma, nebo předpis, obvykle udává nepřipustné rozměry indikace (ty zpravidla závisí na jejím tvaru), nepřipustné vzdálenosti mezi jednotlivými vadami, nepřipustné uspořádání či hustotu vad, případně obsahuje referenční fotografie, se kterými je nutné indikace na povrchu zkoumané součásti porovnat.

Další možností hodnocení vad modernějším způsobem kontroly je automatizované vyhodnocování.

2.1.2.7. Automatizované vyhodnocování

V současné době se objevují snahy o automatizaci procesu nedestruktivního zkoušení. Cílem je zajistit větší kvalitu kontroly eliminací nepřesností a chyb způsobených lidským faktorem.

Předpokladem je začlenění automatizovaného vyhodnocovacího systému do zkušební linky tak, aby k vyhodnocování mohlo docházet ihned po provedení magnetické zkoušky. Obrazové záznamy pořízené během nebo po zkoušení součásti magnetickou práškovou metodou jsou přeneseny do počítače, kde dojde k jejich automatickému zpracování a vyhodnocení pomocí softwarového vybavení. Zpravidla je žádoucí, aby docházelo k okamžitému obrazovému vyhodnocení příslušného zkoušeného dílu z důvodů jeho včasného vytrídění. Proto je kladen důraz nejen na kvalitu vyhodnocení ale i na jeho rychlost. Systém pro automatické vyhodnocení by měl zbavit obraz nežádoucího pozadí, způsobeného rozptýlenými magnetickými částicemi a

nerelevantních či falešných indikací, jako jsou indikace způsobené geometrií zkoušené součásti - ostré hrany, průřezové přesahy, vrtání a závit, dále indikace, které zaviní hrubost povrchu nebo nečistoty. Systém by ale zároveň měl zvýraznit veškeré relevantní indikace označující hledanou nežádoucí necelistvost. Dále musí být schopen určit geometrické rozměry necelistvostí, jejich vzájemné vzdálenosti a na základě příslušné normy nebo předpisu, vyhodnotit, zda jsou tyto indikace přípustné či nepřípustné a zda daná součást vyhovuje kritériím této normy či předpisu.

Vzhledem k náročnosti realizace automatizovaného vyhodnocování, kontrolují tímto způsobem firmy, ve kterých se tento způsob testování provádí, pouze vybrané součásti.

2.1.2.8. Použití výpočetní techniky

Při běžném způsobu kontroly pomocí fluorescenční magnetické práškové metody zviditelňuje pracovník sedící v zatemněné místnosti vady na zkoušených dílech pomocí ultrafialové lampy. Přestože vady jsou poměrně výrazně zobrazeny, obvykle se stane, že při tomto způsobu kontroly projdou i vadné díly. Práce testujícího pracovníka je jednotvárná a namáhavá na zrak, takže často dochází ke ztrátě jeho koncentrace a tím i spolehlivosti. Tento problém lze odstranit automatickým vyhodnocováním pomocí výpočetní techniky.

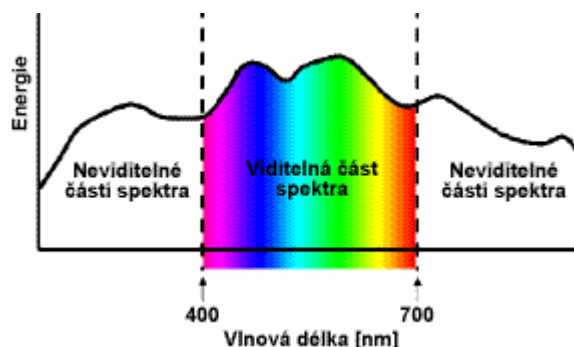
Značnou výhodou automatizovaného zpracování oproti klasickému způsobu, pomineme-li skutečnost, že je šetrnější ke zraku pracovníka zajišťujícího kontrolu je zejména větší rychlost, neúnavnost, přesnost a reprodukovatelnost, se kterou je možno určit množství, rozměry a vzdálenosti jednotlivých vad, což vede ke kvalitnějšímu zhodnocení, zda testovaná součást vyhovuje požadované normě nebo předpisu.

Tento způsob ovšem přináší i několik nevýhod, mezi nejzásadnější se řadí obtížné zavedení podmínek zaručujících rozeznání falešných a relevantních indikací, jakými jsou např. místa hran a přehybů, u kterých se nahromadí zatečená suspenze. Zkušený pracovník by na rozdíl od programu takovéto zdánlivé vady s největší pravděpodobností neomylně identifikoval. [5]

2.2 UV OSVĚTLENÍ

Magnetickou metodu práškovou můžeme provádět pod dvěma druhy osvětlení. Při použití barevných prášků se indikace vyhodnocuje buď na denním světle, nebo za klasického umělého osvětlení. Druhá možnost je při použití fluorescenčního prášku. Při této metodě se používá UV záření o vlnové délce 365 nm a vyznačuje se schopností budit fluorescenci (žluto-zelené barvy cca 565 nm) některých látek. Na obrázku č. 4 je patrná oblast vlnových délek, kterou lze vnímat lidským okem. Neviditelné UV záření (od 400 nm níže) nazývané též černé světlo by nemělo být pro pokožku nebezpečné. Obecně se traduje, že poškození pokožky by mohlo způsobit pouze UV záření s vlnovou délkou pod 320 nm. Je však třeba se vyvarovat přímého záření černého světla do očí, neboť může nastat fluorescence oční bulvy a tím krátkodobé ochabnutí pozorovacího vjemu, což může způsobit přehlédnutí malých indikací. [5]

Pro generování UV záření připadají typově v úvahu dva zdroje záření. Jednak jsou to široce používané výbojkové lampy a dnes již také tzv. UV LED diody a diodové lampy, které jsou schopné díky novým technologiím v oblasti polovodičů emitovat záření v UV oblasti tedy i při 365 nm.



Obr. č. 4 Obecné spektrum záření [24]

2.2.1. Výbojkové lampy

Při použití v magnetické metodě práškové je UV záření vytvářeno ve vysokotlaké rtuťové výbojce, kde hoří oblouk mezi dvěma elektrodami. Výbojka dává široké spektrum UV záření a viditelného světla, přičemž viditelné světlo a část UV záření je pohlcováno filtrem (Woodovo sklo). Woodovo sklo,

filtr pojmenovaný po Robertu Williamsovi Woodovi, který se skládá asi z 9% kysličníku nikelnatého a křemičitanu barya sodného, téměř nepropouští světlo z viditelné oblasti, ale propouští UV záření s vrcholem v 365 nm. [7]

Výbojové světelné zdroje jsou založeny na principu elektrických výbojů v plynech a parách různých kovů a využívají přeměnu elektrické energie na kinetickou energii elektronů, jež se pohybují ve výbojovém prostoru. Při srážkách elektronů s atomy plynů a kovových par se jejich energie mění na optické záření. Spektrum záření výbojových zdrojů je čárové. [8]

Vysokotlaké rtuťové výbojky se provozují za podstatně vyšších pracovních teplot a tlaků, což má vliv na použité materiály. Hořák je trubice zhotovená z křemenného skla, do níž jsou zataveny hlavní wolframové elektrody pokryté emisní hmotou a zpravidla je zde ještě jedna elektroda pomocná. Do hořáku se dává rtuť a argon. Vnější baňka je zhotovena z měkkého skla (do příkonu 125 W) nebo pro vyšší příkony z tvrdého bórokřemičitého skla. [9]

Náplní jsou rtuťové páry a dále směs inertních plynů na bázi argonu a dusíku. Pro provoz těchto výbojek je nutná tlumivka. Do série se rtuťovým hořákem může být zapojeno wolframové vlákno, které zároveň plní funkci předřadníku (tlumivky). Tento typ zdrojů se nazývá směsové výbojky.

Rtuťové výbojky dávají světlo se spektrálními čarami v rozsahu celého spektra - markantní jsou růžová, zelená a modrá čára - celkově tedy bílé světlo, což je stejně jako u zářivek výhodné. V porovnání se sodíkovou výbojkou rtuťová také méně ztrácí svítivost v závislosti na pracovním opotřebením.

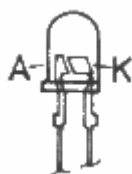
Použití výbojek je výrazné zejména v osvětlovacích soustavách, které vyžadují světelné zdroje s vysokým světelným tokem, s vysokou účinností využití energie a s dlouhou dobou života.

Po zapnutí výbojka nedává ihned plnou intenzitu záření, ta nastává až po několika minutách. Minimální čas k vytvoření plného výkonu vysokotlakých výbojek je cca 5 až 10 minut. Moderní výbojky s malým objemem dávají plný výkon za cca 10 – 20 sekund. UV lampy pro magnetickou metodu práškovou se dodávají na napětí 230 V, 42 V nebo s bateriovým napájením v rozsahu příkonů výbojek od 35 W do cca 400 W. Dle normy EN ISO 9964 – 3 musí výrobce zařízení poskytnout tyto údaje, vztažené na plochu, ozářenou ze vzdálenosti 400 mm: ozářená plocha, intenzita záření a intenzita osvětlení po 15 minutách

provozu, intenzita záření a intenzita osvětlení po 200 hodinách provozu, druh chlazení výbojky, povrchová teplota výbojky atd.

2.2.2. LED diody

Tyto diody patří do skupiny optoelektronických součástek. Zkratka LED je odvozená z anglického „light emitting diod“, což se dá přeložit jako „světloemitující dioda“. Standardní LED dioda má jen dva vývody, katodu – rozměrnější elektroda a anodu – menší elektroda. Anoda má ještě navíc delší vývod, to pro identifikaci LED diod, které mají zakryté elektrody viz. obr. 5. [10]



Obr. č. 5 LED dioda [6]

LED diody fungují na principu průchodu proudu polovodičovým přechodem. Při průchodu se dopadem elektronu uvolňují ze základního materiálu fotony a vzniká slabé záření různé vlnové délky. To se projevuje různou barvou záření. Fotonem se rozumí základní kvantum světelné energie elektromagnetického záření. Viditelné světlo totiž považujeme za elektromagnetické záření, podobné jako ultrafialové nebo infračervené záření. Vyzařované paprsky se liší vlnovou délkou, což se týká veškerého záření. V této souvislosti výrobci uvádějí vyzařovanou barvu viz. tab č. 3. Délka vlny se vyjadřuje v jednotkách zvaných nanometry [nm]. [6]

Barva	Vlnová délka v nm
Černé světlo	>370
fialová	370 - 440
modrá	452 - 485
zelená	495 - 535
žlutá	568 - 585
oranžová	592 - 608
červená	656 - 768

Tab. č. 3 Vlnové délky LED diod

Rozdělení je přibližné a odstíny barev se různí. Záleží na základním materiálu a příměsích. Výchozím materiálem je galium, ale uplatňují se i další materiály. Označují se zkratkou, např. GaAsP, což v tomto případě znamená gallium-arsenid-fosfid, nověji AlInGaP, neboli aluminium-indium-gallium-fosfid.

Méně rozšířené a zároveň i mnohem dražší jsou LED vyzařující modré světlo. [6] UV LED diody pracující v oblasti od 200 nm mají většinou složení vrstvy AlGaIn, neboli aluminium-gallium nitrid, nanesené na safírových substrátech a procentuelní složení těchto vrstev ovlivňuje vyzařovanou vlnovou délku.

LED diody vykazují závěrný i propustný směr. Zapojíme-li světelnou diodu v závěrném směru, nesvítí a v krátké době se zničí – na rozdíl od normálních diod. Je to tím, že závěrné napětí je malé. Stejně jako ostatní diody, i LED potřebují určité napětí na přechodu, aby se otevřel a tekla jím proud. Proti běžným diodám je však napětí na přechodu podstatně větší. U červené světelné diody naměříme napětí 1,65 V, u žluté svítící přibližně 2 V a u zelené svítící 2 až 2,5 V. Proud procházející v propustném směru se u jednotlivých typů liší jen málo. Překročením maximálního proudu I_{FAV} se světelná dioda zničí.

2.3 SNÍMACÍ TECHNIKA

Snímací technika prodělala za poslední léta dramatický vývoj. [11] Pořizování libovolného záznamu usnadnila všudypřítomná digitalizace. Hlavně díky digitální snímací technice lze v těchtoruzích aplikací pořizovat a zpracovávat data pomocí výpočetní techniky.

Mezi nejpoužívanější digitální snímací techniky patří digitální fotoaparát digitální kamera a např. i skener, který se hojně využívá v průmyslu ke zpracování rentgenových snímků apod. Záleží na dané aplikaci, kde kterou techniku použít, která je nejvhodnější a nejekonomičtější.

2.3.1. Digitální záznam

U digitálního principu se zaznamenává informace (světlo) sice nejdříve převede na analogové (elektrické) veličiny, ty se však zatím neuloží, nýbrž přesně změří a zaznamená se teprve údaj o jejich naměřené číselné hodnotě. U obrazu se například zaznamenávají informace o optických vlastnostech jeho jednotlivých bodů – pixelů, tedy jasu a barvě. Už se neuchovává krystal halogenidu, jak je zmíněno dále, jehož vlastnosti nesou informaci (změna těchto vlastností informaci znehodnotí), ale záznam se provádí ve dvojkové soustavě. To vede k zachování informace i při značném zkreslení, např. při kopírování. Z toho plyne, že digitalizace řeší všechny problémy analogových systémů, především nízkou trvanlivost a nestabilitu uchovávané informace. Obraz převedený na čísla má i další výhody. S čísly lze matematicky pracovat, což při dostatečně výkonném počítači znamená velké množství možností úprav a posílání obrazu na vzdálená místa pomocí telefonních i jiných linek.

2.3.2. Analogový fotoaparát

Analogový fotoaparát má dnes už malé využití, i když pořád skýtá určité výhody. Jako je například okamžité zaznamenání snímku, při zmáčknutí závěrky (nebo elektronického povelu), zde nehrozí špatné vyfocení

pohybujícího se objektu. Řada digitálních fotoaparátů v momentě stisknutí spouště se rozhodne překontrolovat zaostření a nastavit je co nejpřesněji. [12] Další výhodou je, že analogový fotoaparát má teoreticky daleko větší rozlišení. Jeho záznam probíhá na film, na jehož povrchu jsou mikroskopické krystalky halogenidů stříbra v citlivé vrstvě. Zrnko halogenidu stříbra, které je nosičem informace na klasickém filmu, měří přibližně jednu tisícinu milimetru. V citlivé vrstvě filmu jsou jich desítky až stovky milionů. A když pomineme vytváření shluků zrn, rozptyl světla v citlivém materiálu, vlastnosti fotoaparátu, vyvolávací postup, je teoretické rozlišení i barevné (viz. níže) snímku ze svitkového filmu až 36 milionů pixelů. Pro srovnání s lidským okem, které má okolo 120 milionů nervových zakončení (čípků) plnících funkci citlivého bodu – pixelu, je to dostatečné rozlišení výsledného obrazu (negativu filmu).

2.3.3. Digitální fotoaparát

Naproti tomu obraz z digitálního fotoaparátu je k dispozici rychle, levně a bez zbytečných mezičlánků, jakými jsou negativ, fotokomora atd., které jej prodražují a zdržují, což jej činí vhodným pro jakoukoli činnost dokumentace ve vědě nebo pro vytváření katalogů. [11]

Digitální fotoaparát nepracuje s filmem, jako je tomu u analogového přístroje. Pracuje s několika čipy. První CCD – Charge Coupled Device (zařízení vázané nábojem) čipem – mozaika složená z velkého množství mikroskopických polovodičů, které mění světlo dopadající přes optiku na elektrické napětí. Z čipu se pomocí dalších elektronických obvodů přenáší informace do paměti. CCD čip umí vnímat jen intenzitu dopadajícího světla, výstupem z každého citlivého bodu na čipu je signál odpovídající určité hodnotě na stupnici od černé do bílé, tedy určitého stupně šedi. Tedy v principu CCD čip pracuje černobíle. Jelikož všechny barvy a jejich odstíny lze sestavit ze tří základních barev: z modré, červené a zelené, je před CCD čipem trvale předřazen barevný filtr s promyšleným rozmístěním základních barev nad jednotlivými ploškami. Je-li např. nasazen zelený filtr, získáme údaj o intenzitě zelené složky světla. Dodatečně se matematicky vyhodnocuje vzájemný poměr údajů ze sousedních bodů. Ty jsou uspořádány do skupin,

nejčastěji po čtyřech, přičemž před jednou složkou je předřazen červený, před další zelený, před třetí modrý a před čtvrtou opět zelený filtr. Často se v odborné literatuře objevuje tvrzení, že teprve tato skupina dává jeden obrazový pixel a skutečné rozlišení fotoaparátu je tedy čtvrtinové oproti udávanému rozlišení CCD čipu, ale díky interpolaci údajů ze sousedních bodů pomocí softwarových metod každá snímaná ploška obvodu CCD reprezentuje jeden pixel s úplnými daty o barvě. Toto je jedna z variant řešení získání barevného snímku. Druhá varianta je rozkládat obraz za objektivem pomocí speciálních optických hranolů na tři obrazy (modrý, červený a zelený), přičemž každý dopadá na svůj vlastní čip. Tato metoda je ale o poznání dražší a nalezneme jí jen u některých profesionálních aparátů.

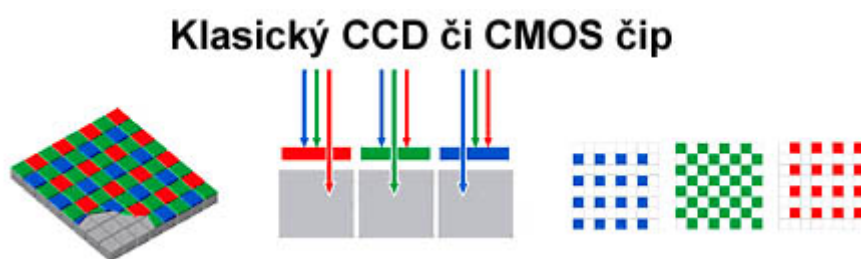
Počet pixelů se udává jako hlavní údaj o CCD či CMOS čipu. Proto rozeznáváme čipy s 1.31 Mpix (tedy 1.31 miliónem pixelů), 2.11 Mpix, 3.34 Mpix, 4.14 Mpix, 5.25 Mpix, 6.36 Mpix, 7 Mpix, 8 Mpix, 11 Mpix atd. Toto číslo ale samo o sobě není ten nejdůležitější údaj, sice z něj ihned vyčteme, jakým čipem je aparát osazen, ale ne kolik procent z něj dokáže využít. Například OLYMPUS E – 500 je osazen 8.89 Mpix CCD čipem, ale používá z něj 90% světločivných bodů - efektivní rozlišení tohoto přístroje je tedy 8 Mpix. Oním velmi důležitým údajem je rozlišení snímku. To nám udává kolik bodů vodorovně a kolik bodů (pixelů) svisle, je schopen fotoaparát rozeznat. Tak můžeme potkat fotoaparáty oba s 3.34 Mpix, ale jeden dosáhne 2048x1536 pixelů rozlišení, a ten druhý jen 1856x1322 pixelů rozlišení.

Rozměry CCD čipů výrobci většinou neudávají, na rozdíl od rozlišení. Obvyklé hodnoty jsou 1/3 nebo 1/2 palce (anglosaská míra palec = 2,54mm), je však tendence rozměry zvyšovat. Údaj o rozměrech CCD čipu je významný ve vztahu k ohniskové délce objektivu „ f “. Ohnisková vzdálenost pro kinofilm 50 mm je základní, zatímco objektivy s kratší ohniskovou vzdáleností zobrazují širokoúhle, objektivy s delší ohniskovou vzdáleností pracují jako teleobjektivy. To ovšem platí pouze u klasických kinofilmových fotoaparátů s rozměry filmového políčka 24 x 36 mm. Protože je však CCD čip obvykle menší, zaznamená z obrazu tvořeného 50 mm objektivem jen výřez – chová se tedy jako teleobjektiv.

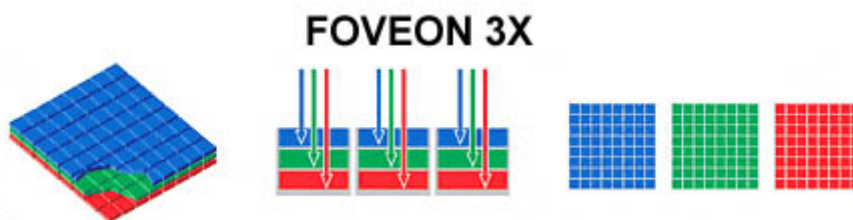
Později se začali používat CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Čipy jsou jednodušší, levnější, mají nižší spotřebu energie

a umožňují přímo na čip integrovat další obvody, jako je stabilizace obrazu, automatické vyvážení bílé, komprese atd. Existují dva druhy CMOS: pasivní (Passive – pixel Senzore – PPS) a aktivní (Aktive – pixel Senzore – APS). U pasivních je kvalita obrazu nízká díky vysokému šumu, u aktivních je proto použit u každého citlivého bodu integrovaný obvod, který šum eliminuje. Technologie má i své nedostatky, kamery dávají horší výsledky, hlavně při nízké intenzitě osvětlení, má také za normálních podmínek vyšší úroveň šumu a horší podání barev.

V roce 2002 byly představeny čipy Foveon X3 pracující s barvami na podobném principu, jako analogový (kinofilmový) fotoaparát. Klasický barevný kinofilm má totiž tři světločivné vrstvy nad sebou viz. obr. č. 6b a ne jako mozaika uspořádané čtveřice viz. obr. č. 6a. První vrstva je v barvě inverzní k modré a pohlcuje tedy pouze modré světlo, další vrstva je v inverzní barvě k zelené a pohlcuje světlo zelené. Poslední je v barvě inverzní k červené a pohlcuje ten zbytek světla co nechaly projít dvě vrstvy nad ní, tedy červenou. V praxi se ale žádná barevná složka nepohlcuje přesně a beze zbytku v té které určené vrstvě, ale část projde a je pohlcena až vrstvou následující. To se velmi blíží uspořádání lidského oka a tak díky těmto chybám je výsledný snímek hodnocen jako subjektivně pěkný.



Obr. č. 6a Mozaika a pohlcování barvy u světločivých buněk uspořádaná do čtveřice [13]



Obr. č. 6b Uspořádání a pohlcování barvy tří světločivých vrstev [13]

Čip Foveon 3X si počíná stejně jako klasický kinofilm. Využívá totiž vlastnosti silikonu, který pohlcuje různé složky světla různě, podle toho jak tlustá je jeho vrstva. Každá světločivná buňka Faveonu X3 tak nezískává údaj jen o intenzitě jedné složky (např. červené), ale všech tří a to naráz! U klasického CCD či CMOS byla zapotřebí plocha 2x2 buněk jen na to, abychom detekovali jednu libovolnou barvu, zde stejnou práci vykoná jedna jediná buňka. Ihned je patrné, že barevné rozlišení takového čipu zvětšilo 4x. Černobílé digitální fotografie z čipu Foveon 3X a klasického CCD či CMOS se stejným rozlišením jsou sice stejně kvalitní, ale barevná digitální fotografie z čipu Foveon 3X vypadá jakoby byla dělána klasickým čipem s rozlišením 3-4x větším. 2 Mpix čip Foveon 3X tak může v barevných fotografiích zastat až 8 Mpix čip klasický! Již dnes lze zakoupit aparát s klasickým CMOS čipem 16.7 Mpix. Pokud by tento aparát měl čip Faveon o stejném rozlišení, tak barevná fotografie z něj pořízená by při optimálním případě vypadala jako z čipu s rozlišením 66.8 Mpix! (reálné rozlišení negativu kinofilmu je zhruba 6-8 Mpix). [13]

Výstup z CCD čipů má primárně analogovou povahu a teprve A/D (analogově – digitální) převodník jej digitalizuje. Základní jednotkou digitální informace je jeden bit. Nabývá dvou hodnot – jedničky nebo nuly. Kdybychom tedy pro každý obrazový bod z čipu měli k dispozici jen jeden bit, dostávali bychom pouze dvě hodnoty osvětlení: světlo buď je, nebo není. Pro každý obrazový bod je tedy vyhrazeno víc bitů. Čím více bitů je, tím je obraz bližší skutečnosti. V praxi se nejčastěji používá osmibitový, popř. čtyřicetibitový záznam. Při osmibitovém lze zachytit 2^8 tedy 256 odstínů šedi. To by stačilo pro černobílou kvalitní fotografii. Pro barevnou musíme provést záznam pro tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou (red, green, blue – RGB). Protože jsou tyto kanály tři, potřebujeme celkem 24 bitů, tak že máme celkem přibližně 16,8 milionů barevných odstínů ($256 \times 256 \times 256$ tj. přesně 16 777 216). Čtyřicetibitová barevná hloubka (16,8 milionů barevných odstínů) je běžná u většiny amatérských a mnoha profesionálních zařízení a ke kvalitnímu zachycení reality bohatě postačí. Některé profesionální systémy pracují s ještě větší barevnou hloubkou. Existují přístroje, kde na jeden barevný kanál je vyhrazeno 10, 12 nebo dokonce 14 bitů.

Dnes jsou vnější rozdíly mezi klasickými a digitálními přístroji většinou malé, pouze přibyl LCD (Liquid Crystal Display) displej a některé ovládací prvky. Větší rozdíly jsou v ovládání přístrojů. U digitálních fotoaparátů je většinou nastaven automatický režim expozice, zaostřování, citlivost atd. V případě potřeby uživatel mění tyto parametry prostřednictvím ovládacích tlačítek a menu na displeji (tzv. On Screen Display – OSD). Některé levnější fotoaparáty mají tu neuctnost, že nedávají fotografovi téměř žádný prostor k zásahu do tvorby snímku z hlediska volby jak clony a expozice, tak i zaostřování. Vše se děje výhradně automaticky. Při vyšších nárocích na snímek by měl mít uživatel možnost volby clony, nebo alespoň možnost volby mezi prioritou clony a expozice, jinak ztrácí výsledný vliv na hloubku ostrosti. Přednastavené expoziční programy obvykle nepracují dobře při netypickém osvětlení (například v protisvětle). Bez možnosti manuálního zásahu téměř nelze pořídit dobrý snímek. To samé platí i o objektivu. Světelnost objektivu (někdy uváděno jako clonové číslo, nebo též „f“ – číslo), někdy raději nezdůrazňované, to představuje nejnižší hodnotu clony, kterou lze na objektivu nastavit. Čím nižší clonové číslo, tím větší světelnost – tím lépe. Ohnisková vzdálenost je svázána s rozměry čipu viz. výše. Kromě toho většina přístrojů je vybavena proměnnou ohniskovou vzdáleností objektivu (transfokátor, zoom). U klasických digitálních přístrojů je nejčastěji možnost transfokace v rozmezí 28 – 110 mm i více. Klasickou transfokaci však nesmíme zaměnit za digitální zoom, u kterého je zvětšení snímku dosaženo tak, že obraz je čten jen z menší oblasti CCD čipu kolem jeho středu, což znamená výraznou ztrátu rozlišení. [14]

Fotografování zblízka je naopak obtížné tím, že řada přístrojů nedokáže zaostřit na menší vzdálenost, než 50 cm. Pokud potřebujeme větší přiblížení daného předmětu, musíme se zaměřit na aparáty, co obsahují tzv. režim makro. Tato funkce by měla dovolit zobrazit předmět v měřítku 1:1 až 10:1 k jeho skutečným rozměrům.

O zaostřování fotoaparátu, tedy u těch levnějších se stará tzv. fixfocus – tedy primitivní širokoúhlý objektiv, který je konstruovaný tak, že má hloubku ostrosti od několika desítek milimetrů do nekonečna. Zaostřování tudíž není potřeba, ovšem za cenu nižší kvality snímku. Dražší typy mají automatické zaostřování tzv. autofocus – AF. Zde se postupuje metodou elektronického vyhodnocování kontrastu – čím je větší, tím je obraz ostřejší (nejvyšší rozdíly

v jasů sousedních prvků). Představu o rozdělení jasových úrovní v digitálním obraze lze získat pomocí histogramu. Histogram jasu je vektor „h“ s počtem složek rovným počtu jasových úrovní. Hodnota každé složky odpovídá četnosti bodů příslušného jasu v obraze. [22] Při zaostřování na hlavní objekt zaostřuje fotoaparát na určité rozmezí vzdáleností. Ostrá část této scény před a za zaostřenou rovinou (objektem) se nazývá hloubka ostrosti. Všechny objekty v tomto prostoru budou zobrazeny ostře. [15] Pro praktickou práci je významná rychlost zaostřovací automatiky a to nejen při plném světle, ale i v horších světelných podmínkách.

2.3.4. Digitální kamera

Digitální video v průmyslovém odvětví nás vede k termínu „průmyslová kamera.“ Tento systém pracuje na principiálním základě digitálního fotoaparátu, v jeho možnostech je však větší počet zaznamenaných snímků, za určitý časový interval s okamžitým převodem nasnímaných dat do počítače (na rozdíl od digitálního fotoaparátu, kde se nasnímaná data uloží do paměti přístroje) a jejich vyhodnocení. Většinou je snaha, aby se tento proces odehrával v reálném čase. Systém často obsahuje chránič těla snímáče, ve formě např. kovových plášťů, objektivy s pevným nebo proměnným ohniskem, interní nebo externí osvětlovací jednotky s LED diodami, dále s halogenovými popř. xenonovými zdroji světla, utěsněné konektory a příložené ochranné kryty objektivů. [16]

Digitální kamery v průmyslovém odvětví mívají rozlišení až 1600 x 1200 pixelů, velikost až ccd 1/1,8 palce a snímkovací frekvence bývá až 60 snímků za sekundu, u speciálních rychlokamer až 1000 snímků za sekundu. [17]

Pro přenos nasnímaných dat do počítače se používají dva druhy přenosu:

- a) Paralelní přenos - je sice o něco rychlejší, než sériový, ale jelikož u tohoto zařízení hrozí tzv. „přeslech“ tj. situace, kdy se napětí přelévá z jednoho vedení do druhého, je jeho použitelnost pouze do 3m (dnes již na ústupu).

- b) Sériový přenos – je pomalejší, ale není tak omezen vzdáleností. Používá se v hojné míře pomocí např. IEEE1394 (Firewire), kde datová rychlost je až 400Mb/s nebo USB, kde je tato rychlost až 480Mb/s.

2.3.5. Archivace dat s využitím komprese

Největší nevýhodou práce s digitálním obrazem je nutnost zpracovávat, přenášet a uchovávat neobvykle velké množství dat, jak u digitální fotografie, tak ještě více u digitálního videa. Řešením problému je zmenšení dat – komprese (komprimace). Základní princip míní, že v daném souboru je značný podíl informace vyjádřen způsobem, který není příliš úsporný. Například dlouhá černá čára bude nejspíš zaznamenána ve formě takto: černá tečka, černá tečka, černá tečka .. a tak pořád dál i na několik stran. Z hlediska komprese by ten samý záznam šlo zapsat 2000 x černá tečka. Toto samozřejmě platí v ještě větší míře pro velké jednobarevné plochy, pro opakující se skupiny bodů, pro neměnnící se scény (pozadí) pohyblivého obrazu atd. Uvedený příklad komprese se uvádí jako bezeztrátová. To znamená že po dekomprimaci získáme původní informaci ve zcela nezměněné podobě. Někdy bezeztrátová komprese nestačí a je nutné objem dat snižovat dál. To i za cenu toho, že po opětovném „rozbalení“ už bude tu a tam něco chybět. Poměr objemu původního a zkomprimovaného souboru se nazývá kompresní poměr. Čím je větší, tím bývají větší ztráty na kvalitě. Kompresi lze provádět jak hardwarovými prostředky (speciální čipy na kartách pro zpracování obrazu), tak softwarovými prostředky ve vlastním počítači. Komprese je většinou daleko složitější, než je zde popsáno, vyžaduje jak kvalitní procesor na počítači, tak i dostatečný čas na její provedení.

Pro analýzu obrazu je vhodné používat bezeztrátovou kompresi nebo nepracovat s kompresí vůbec. Při archivaci je však všeobecně vzhledem k neustálému narůstání objemu dat nepostradatelná.

2.3.5.1. JPEG

JPEG (Joint Photographic Experts Group – zkratka odvozena od pracoviště, které ji připravilo) je ztrátová komprese záznamu nepohyblivých snímků na datové nosiče. Lze při ní zvolit stupeň komprese, a tím současně ovlivnit kvalitu záznamu. V současnosti se používá u digitálních fotoaparátů pro zvýšení počtu snímků při záznamu na paměť ve fotoaparátu, která bývá omezená.

2.3.5.2. MPEG

MPEG (Morión Picture Experts Group – zkratka odvozená od skupiny, která se na vypracování normy podílela). Tak jako u většiny metod komprimace datového toku pocházejících z pohyblivého obrazu, se vychází z poznatku, že na dvou sousedních snímcích záznamu se mění jen menší část informace (pohybující se osoba, nebo jiný objekt), zatímco většina (pozadí) zůstává stejná – stačí tedy zaznamenávat tyto změny. Záznam má poměrně komplikovanou strukturu. Skládá se z jakých si základních obrazů typu I (Intra Picture), které nesou plnou obrazovou informaci a jsou komprimovány jen málo, dále z více komprimovaných obrazů P (Predicted Pictures) kódovaných podle předchozích obrazů a obrazů B (Bidirectional Picture) s vysokým stupněm komprese a kódovaných podle předchozích i následujících snímků. Nevýhodou tohoto upraveného záznamu je, že se do něj nemůže vstupovat na libovolném místě. Proto byl vyvinut systém komprese MPEG – 1, tato norma pracuje s rozlišením obrazu 352 x 228 a to je dnes už všeobecně malé rozlišení. Pokročilá metoda komprese signálu MPEG - 2 umožňuje proti MPEG – 1 výrazně vyšší úroveň rozlišení (plné rozlišení televizní normy PAL – Phase Alternating Line 768 x 576 obrazových bodů) a proměnný tok dat podle dynamiky obrazu. Používá se v systémech digitálního záznamu videa DV (Digital Video) a DVD (Digital Video Disc).

2.4 OPTICKÉ FILTRY

Filtry patří k fotografii od jejich samotných počátků. Fotořadové se vždy museli vyrovnávat s limity zánamového média a hledali nové způsoby vyjádření. Postupem času se na trhu objevily stovky různých typů a variant filtrů od optických, přes barevné, až po kreativní. S nástupem digitální fotografie se začalo o další budoucnosti filtrů poměrně hojně diskutovat, protože počítačové zpracování v mnoha ohledech změnilo přístup k fotografii. Nicméně některé filtry zůstávají i dnes zcela nenahraditelné. Kombinace digitálního fotoaparátu s grafickým editorem otevírá fotografii zcela nové možnosti a do značné míry eliminuje potřebu použití fotografických filtrů. Přesto nesmíme zapomínat na to, že počítačové zpracování přichází až po expozici a nikdy nedokáže do fotografie přidat obrazovou informaci-detaily, které jsme při expozici samotné nezaznamenali. Proto i dnes platí, že v příslušenství profesionála některé filtry chybět nemohou. S jejich pomocí lze totiž řešit zejména problémy s příliš kontrastní scénou, zbavovat se nežádoucích odlesků či naopak přidat do scény kontrast, který jí chybí. [18]

2.4.1. Polarizační filtr

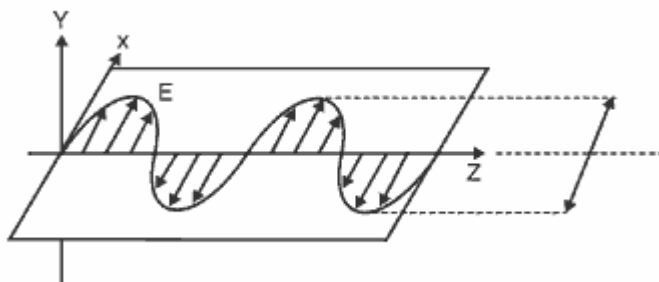
Zcela nenahraditelným pomocníkem zůstává i v době digitální fotografie a videa filtr polarizační. Ten filtruje pouze polarizované světlo s daným úhlem natočení, který se volí pootočením filtru vůči objektivu. Nejčastěji se používá pro odstranění nežádoucích odlesků od nekovových předmětů a při použití v páru může fungovat jako ND (Neutral Density) filtr s proměnlivým faktorem filtrace, který filtruje část světla bez vlivu na jeho barevnost a tak napodobuje snížení jasů scény nebo jako filtr na odstranění kovových odlesků. Tyto vlastnosti má však pouze při dodržení určitých podmínek a postupů. [19]

Jedinou drobnou nevýhodou polarizačního filtru je omezení množství viditelného světla dopadajícího na snímáči, a tudíž snížení zisku energie na snímáči. Proto je dobré polarizační filtr používat pouze v případech, kdy je nezbytným. Zároveň je potřeba si dávat velký pozor u levnějších objektivů,

u kterých se otáčí při zoomování či zaostření přední člen optiky, protože každé takové pootočení mění filtrovaný úhel polarizovaného světla. [18]

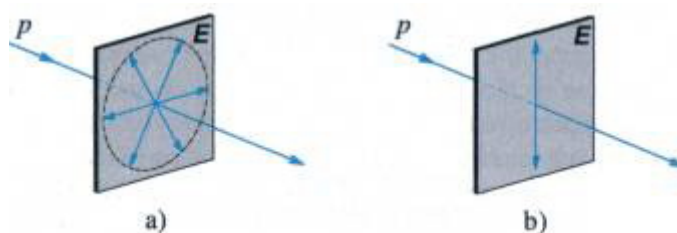
Veškeré výhody pramení z jeho jediné funkce, a tou je filtrace polarizovaného světla. Většina zdrojů světla (slunce, žárovka, zářivka) vyzařuje nepolarizované světlo. Světlo, z hlediska teorie vlnění, je definováno jako příčné elektromagnetické vlnění skládající se ze dvou složek, magnetické a elektrické. Vlny oscilují ve směru kolmém na směr šíření a zároveň kolmo na sebe viz. obr. č. 7.

Takových směrů je ovšem nekonečně mnoho (nekonečně bodů na kružnici). Jsou to všechny směry v rovině kolmé na směr šíření. Jak je naznačeno na obr. č. 8a normální nepolarizované světlo se skládá z vln oscilujících ve všech možných směrech.



Obr. č. 7 - Oscilující elektrická složka elektromagnetické vlny [23]

Oproti tomu polarizované světlo se vyznačuje tím, že elektrická složka kmitá pouze v jednom směru viz. obr. 8b. V jakém směru, to je definováno způsobem jeho polarizace.

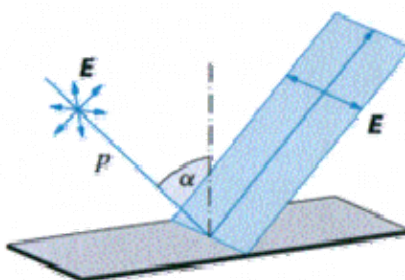


- a) Nepolarizované světlo, vlny kmitají všemi směry b) Polarizované světlo, vlny kmitají jedním směrem

Obr. č. 8 - Směr kmitání elektrické složky nepolarizovaného a polarizovaného světla (pohled ve směru šíření světla).[19]

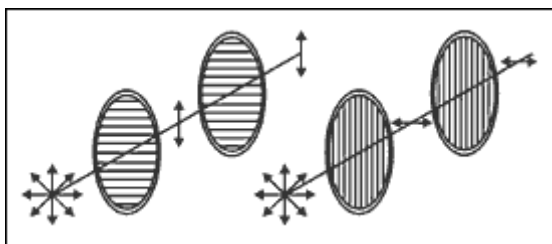
Polarizované světlo je okem nepozorovatelné, chová se stejně jako světlo nepolarizované. K polarizaci dochází lomem, dvojlomem, odrazem, rozptylem o částice a absorpcí. Při použití digitálního záznamu je nejvíce

důležitý jev odraz a absorpce. U odrazu je směr polarizace světla rovnoběžný s rovinou, od které se světlo odrazilo viz. obr. č. 9. Míra polarizace je však také závislá na úhlu dopadu, takže kromě určitého úhlu (pro každý materiál jiný) se světlo polarizuje pouze částečně, tzn elektrická složka kmitá i v jiných směrech. Je však nutné pamatovat na to, že odrazem od kovového se světlo nepolarizuje.

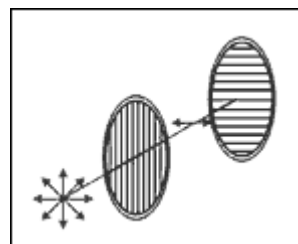


Obr. č. 9 Směr polarizace při odrazu [19]

Polarizační filtr je vyroben z takového materiálu, který propouští pouze světlo polarizované v určitém směru (s kmitající elektrickou složkou). Polarizační filtr je tvořen polarizační folií, která je vložena mezi dvě tenká sklíčka. Na folii je struktura polarizačního filtru vytvořena želatinovou vrstvičkou s lineární strukturou. Můžeme si jej představit jako materiál složený z dlouhých tenkých štěrbin. Projít může pouze to vlnění, jejíž elektrická složka je kolmá na tyto štěrby, ostatní se pohltí a v konečném důsledku přemění na teplo (v běžném provozu se však zahřátí neprojeví, pohlcená energie je příliš malá). Pokud za sebe umístíme dva polarizační filtry se stejnou orientací (0° , nebo 180°) štěrbin, budou se chovat jako filtr jeden viz. obr. č. 10a. Pokud bude jejich orientace kolmá (90°), tak by nemělo procházet vůbec žádné světlo viz. obr. 10b.



a) Filtry orientované stejně, světlo prochází



b) Filtry orientované kolmo na sebe, světlo neprochází

Obr. č. 10 - Polarizace světla průchodem přes polarizační fólii a zablokování světla při zkřížení dvou polarizačních filtrů. [23]

Část světla kmitajícího pod úhlem x vzhledem ke směru filtru, kterou materiál propustí, je daná Malusovým zákonem, $I = I_0 (\cos x)^2$ kde I_0 je intenzita světla před průchodem a I intenzita propuštěného světla. [23]

Pokud tedy filtrem prochází nepolarizované světlo, vyjde z něj světlo polarizované. To bude mít menší intenzitu a tím pádem má nemalý vliv na světelnost objektivu, která s jeho použitím klesá. Úbytek světla vlivem polarizačního filtru je cca 1,5EV (exposure value – expoziční hodnota). Pokud na filtr dopadá polarizované světlo, rozhodne o jeho průchodu směr kmitání elektrické složky světla a orientace samotného filtru. Z toho důvodu jsou polarizační filtry konstruovány tak, aby se ve své objímce daly otáčet.

Na trhu s polarizačními filtry pro fotografii existují dva základní typy, lineární a cirkulární. Oba fungují na zcela stejném principu, pouze cirkulární má jednu vrstvu navíc, která polarizované světlo ovlivní tak, že elektrická složka opět kmitá různými směry (přesněji řečeno rotuje v kruhu, proto cirkulárně polarizované světlo). Efekt filtrace to nijak nemění, protože část světla se pohltí na předchozí polarizační vrstvě. Tato změna je prováděna z důvodu, aby polarizované světlo, které prochází pomocnými senzory u současných přístrojů, zejména zrcadlovek (filmových i digitálních), se jejich směrem odrazilo (lámalo), což způsobuje druhotnou polarizaci a může dojít k tomu, že určitým směrem polarizované světlo k nim vůbec nedorazí a pohltí se při odrazu o zrcadlo. Ve většině zrcadlovek jsou polopropustná zrcadla, která odrážejí část světla do hledáčku a druhou na senzory autofokusu a expozimetru. To může způsobit, že fotoaparát chybně změří expozici, nebo vůbec nezaostří. Cirkulární

polarizační filtry tento problém z větší části řeší a při jejich používání automatická expozice a zaostřování pracují správně.

Další problém může nastat při ztmavování a zvyšování sytosti barev. Tím, že polarizační filtr odstraní odražené a rozptýlené polarizované světlo, zvýší sytost barev nejen u objektů, u kterých nám o to jde, ale kromě toho také ztmaví a zviditelní prach rozptýlený ve vzduchu a usazený na povrchu věcí.

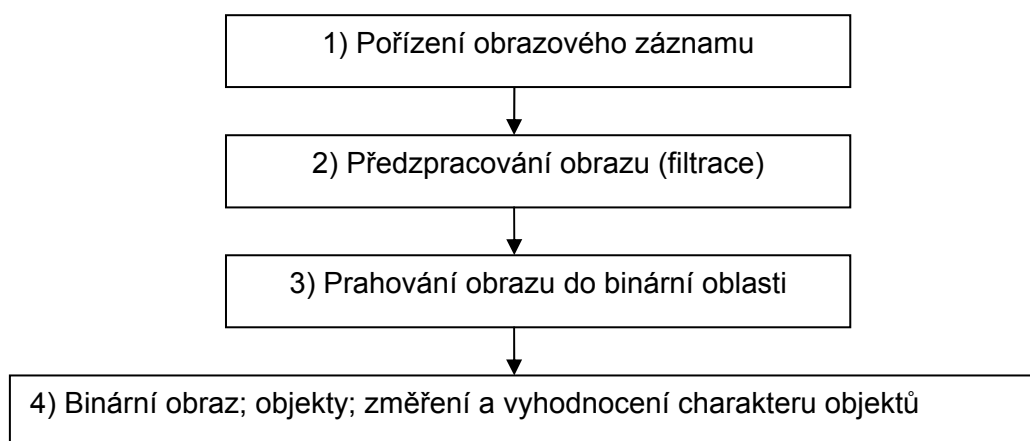
Přestože polarizační filtr „pouze“ odstraňuje, nebo alespoň potlačuje odlesky na snímaných objektech, projeví se tato vlastnost mnoha různými způsoby. Důležité je také vědět, že polarizační filtr neodstraňuje ani nepotlačuje odlesky z kovových povrchů. Ty lze odstranit pouze v případě, kdy se jeden polarizační filtr - polarizační folie - umístí před zdroj světla a druhý filtr se nasadí na objektiv. [20]

2.4.2. Barevný filtr

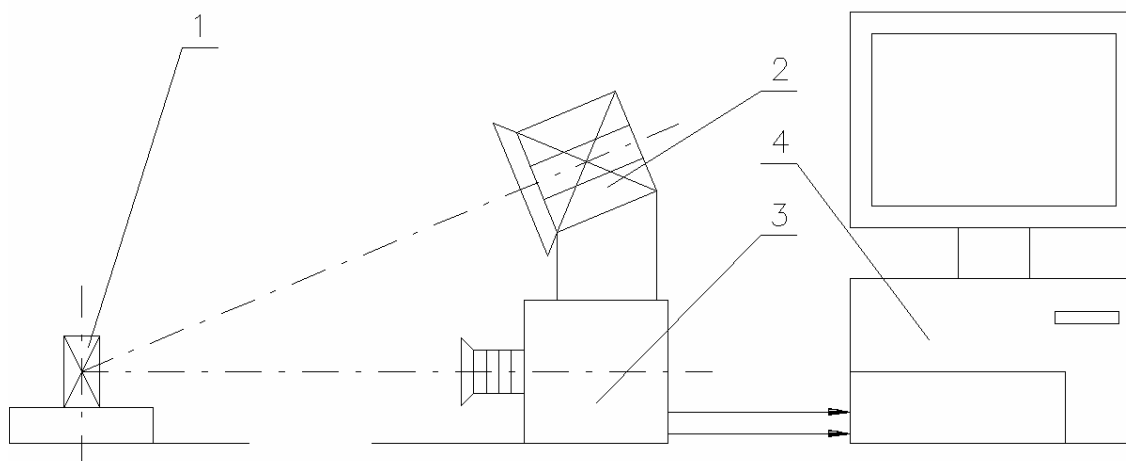
Počítačovým zpracováním poměrně snadno nahraditelné jsou naopak filtry barevné, které filtrují určitou část viditelného světla a posunují celé barevné podání snímaného záznamu (fotografie). K dispozici jsou jak filtry plošné, tak i přechodové, takže je zde možnost kombinace různých kreativních efektů, nicméně stejného výsledku lze dosáhnout i následnou počítačovou úpravou. Jedinou výjimkou je situace, kdy bychom v určité části barevného spektra ztráceli kresbu pro přílišnou intenzitu světla. Zde pochopitelně volba správného barevného filtru může výrazně zlepšit kresbu, což je postup dobře známý z klasické černobílé fotografie. [18]

2.5 OBRAZOVÁ ANALÝZA

Zpracování obrazu pro účely automatického vyhodnocování probíhá podle následujícího schématu:



Ad1) Pořízení obrazového záznamu – toto je problematika této diplomové práce, kde se jedná o správnou volbu podmínek pro pořízení obrazového záznamu, přenesení jej do výkonného počítače viz. obr.11, dále volbu záznamové techniky, jejího příslušenství a volbu osvětlovací techniky.



Obr. č.11 Uspořádání přenosu pořízených dat

1-součást, 2-UV osvětlení, 3-snímací technika,4-výkonný počítač + software pro analýzu a zpracování obrazu

Ad2) Předzpracování (filtraci) můžeme rozdělit na 3 základní metody jak je uvedeno níže:

- a) Odečítání obrazu, kde se pořízený obraz současti s indikací vady, odečítá od referenčního obrazu (obraz, u kterého se vada nepředpokládá). Tato metoda je jednoduchá a má rychlý průběh díky rychlé obrazové aritmetice a zpravidla nevyžaduje další filtrace obrazu.
- b) Nalezení regionálních maxim (minim), funkce využívá geodetickou rekonstrukci algoritmu pro detekci lokálního maxima. [21] Tato metoda je relativně pomalá, ale není zde potřeba referenčního obrazu, tudíž je vhodná pro práci například s velkými plochami, kde je velmi složité referenční obraz pořídit, z důvodu složitého přesného určení momentální snímané polohy.
- c) Vysokofrekvenční propust', kde funkce využívá metody odečtení pořízeného obrazu od téhož obrazovým filtrem rozostřeného obrazu. Tato metoda stejně jako nalezení regionálních maxim je universální, ale opět relativně pomalá.

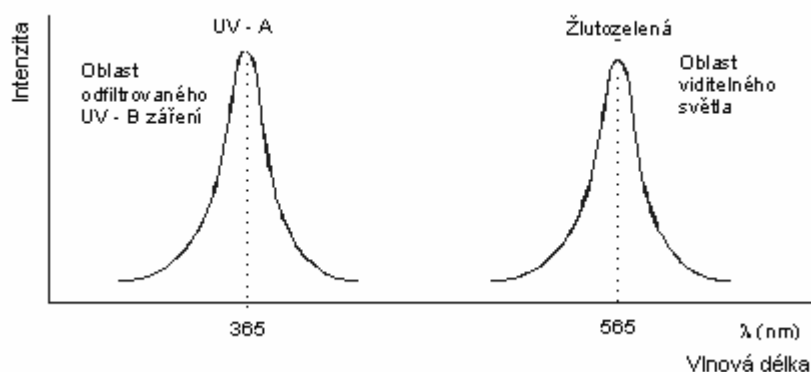
Ad3) Při prahování do binární oblasti se stanovují nejvyšší a nejnižší přípustné hodnoty jasu, buď pro jednotlivé složky RGB v případě barevného obrazu a nebo pouze pro intenzitu šedi v případě šedotónového obrazu. Takto vybrané oblasti obrazu jsou následně převedeny na binární obraz, ve kterém jedna hodnota barvy reprezentuje pozadí („0“) a druhá hodnota reprezentuje objekt („1“). [22]

Ad4) Vyhodnocování je finálním procesem obrazového zpracování, které využívá binárních obrazů. Jeho cílem je zjišťování příznaků objektů (rozměrů, orientací, ploch, obvodů apod.) Pro složitější způsoby analýzy obrazu je výhodné, pokud to daný program umožňuje, vytvořit makra, ve kterých se nadefinují posloupnosti jednotlivých operací s obrazem, které po spuštění budou automaticky vykonány.

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. VOLBA PRÁŠKU

Pro použití při magnetické práškové metodě byl vybrán fluorescenční prášek. Optické vlastnosti u tohoto prášku jsou ovlivněny fluorescencí, jejíž intenzita je vyjádřena fluorescenčním koeficientem β , který je definován jako jas v cd/m^2 lomený intenzitou UV záření ve W/m^2 na povrchu pokrytém práškem. Optické vlastnosti jsou dále podmíněny velikostí práškových částic, tvarem a chemickým složením. Střední velikost zrna byla zvolena tak, aby odpovídala předpokládané šířce vady. Fluorescenční prášky jsou feromagnetická železná zrna, která jsou obalena fluorescenční látkou (Lumogen, elosin). Tato látka má schopnost měnit neviditelné ultrafialové záření na viditelné světlo, nejčastěji žlutozelené barvy. Ve spektru elektromagnetického záření transformuje krátkovlnné, na energii bohaté záření, na dlouhovlnné, na energii chudší viditelné světlo viz. obr. 12.



Obr. č.12 Změna UV světla na viditelné

HST indikace (hustota světelné transformace) ku HST pozadí rovná se kontrast světelných hustot.

Protože fluorescenční pigmenty jsou nemagnetické, má soubor lumogeny pokrytých zrn prášku nižší permeabilitu než jiné, čistě feritické prášky. Protože jenom místa na nichž ulpívá prášek, jsou viditelná, nevýhodou menší citlivosti z hlediska horších magnetických vlastností výrazným způsobem

převyšuje výhoda podstatně vyššího jasu fluorescenčního prášku na tmném pozadí zkoušeného povrchu. Samozřejmě za předpokladu, že existuje vhodná jakost povrchu, dobré podmínky odtoku přebytku suspenze zajišťující maximální kontrast a správné podmínky prohlížení. To znamená, že malé indikace budou nalezeny rychleji a spolehlivěji. Jediným úskalím je oloupání lumogenů z prášku při delším používání, hlavně v automatizované výrobě. V tom případě se kontrast výrazně sníží.

3.2. VÝBĚR VHODNÝCH VZORKŮ

Výběr vhodných vzorků byl proveden s ohledem na vyhodnocování při magnetické metodě práškové. Při výběru vzorků bylo bráno v potaz: typ a rozměr vzorku, typ a velikost vady.

Typy vzorků můžeme rozdělit na plošné a rotační, velikost vzorků byla vybrána s ohledem na dané rozlišení snímací techniky.

Typy vad zjištěné vhodnou nedestruktivní metodou můžeme rozdělit do tří kategorií:

- a) Vady vzniklé v metalurgickém procesu, při lití a tuhnutí kovu ve formě (tzv. inherentní)
- b) Vady způsobené zpracováním vznikající v různých výrobních fázích, jako tváření, řezání, svařování a tepelné zpracování
- c) Vady z provozu, vznikající mechanickým nebo korozním zatížením během provozu zařízení nebo stroje

Byly vybrány rotační vzorky, čepy a objímky viz. obr. č. 13 s povrchovými vadami typu vměstky a trhliny.



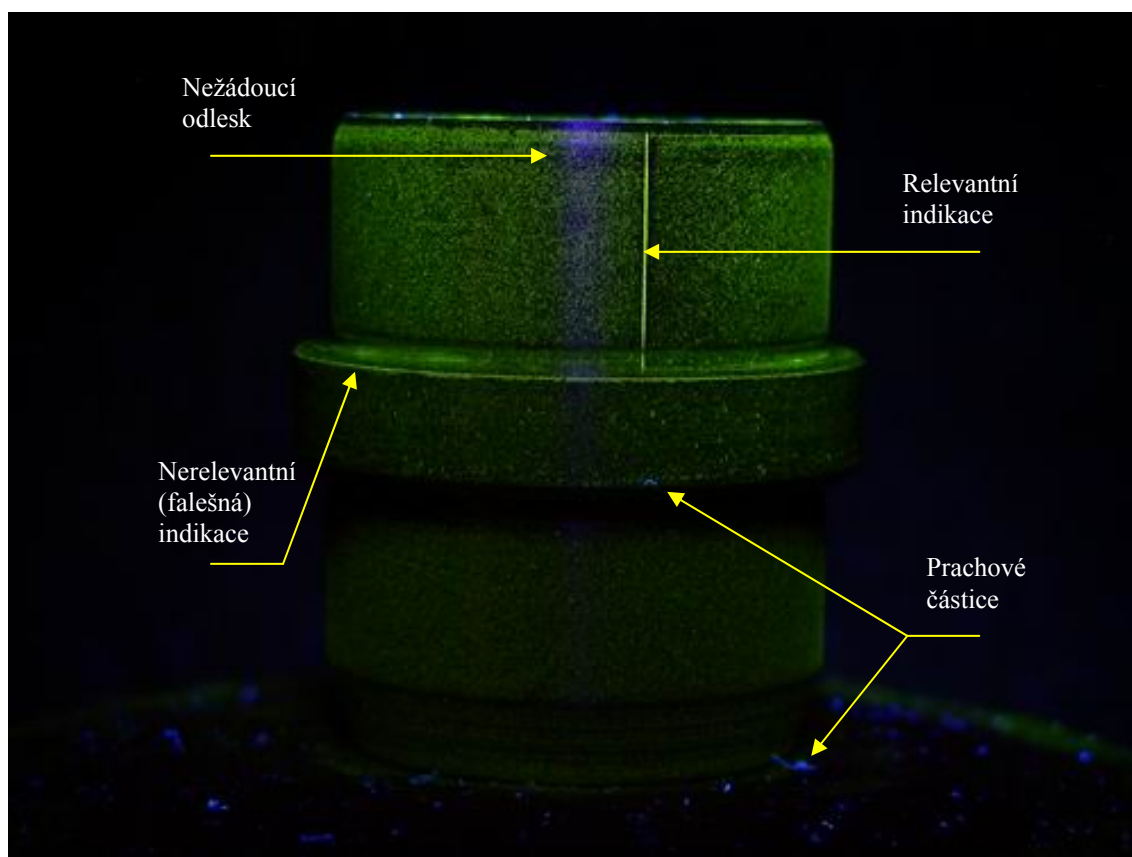
Obr.č.13 Vybrané vzorky – čepy a objímky

Vměstky jsou vady, které vznikají při odlití do formy, většinou pískové. Jejich špatným vyčištěním nebo odloupáváním části formy do roztaveného kovu vznikají pískové (nekovové) vměstky. Jsou to tzv. endogenní vměstky, exogenní jsou např. zbytky žáruvzdorného materiálu pece apod. Mezi hlavní druhy vměstků patří oxidy, siřičky a hlinitany. Siřičkové vměstky jsou tvárné

a např. v tvářeném materiálu vytvářejí souvislé pruhy. Oxidy a hlinitany jsou křehké a např. při tváření se drží a vytvářejí řádky.

Trhliny vznikají při nestejném chladnutí odlitku, zde vzniklé pnutí působí na materiál, v teplotním okolí solidu (přechod taveniny do tuhého stavu), s malou pevností, který není schopen se deformovat.

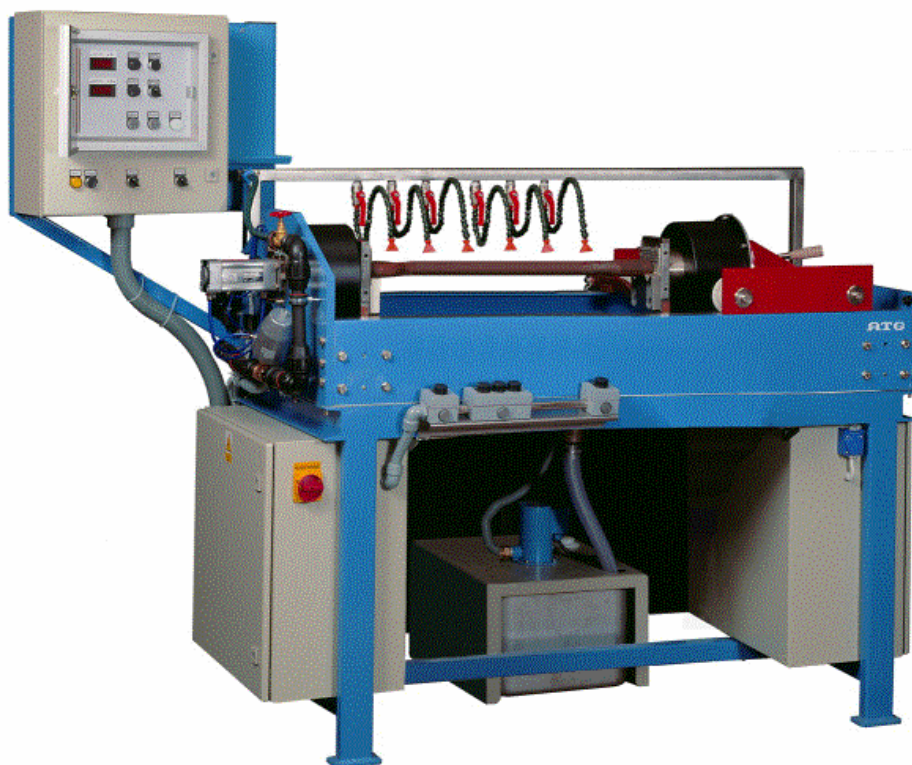
Protože vměstky mají většinou menší hloubku vady než trhliny, byly zvoleny méně výrazné indikace vměstků jako bližší spodní hranice detekovatelnosti při magnetické metodě práškové viz obr. č. 14.



Obr. č. 14 Vada typu vměstek (Příloha č.1 Sada vzorků/objímky bez filtru/P1010019.jpg)

3.3. ZPŮSOBY MAGNETIZACE

Byla provedena zkouška vnějšího povrchu, mimo čelních ploch u vybraných součástí na stacionárním magnetizéru UNIMAG 900 AC/DC viz. obr. č. 15 podélnou magnetizací DC 5 kA_z a AC cirkulární magnetizací 360 A. Délka magnetizace trvala 7s, z toho polev suspenzí činil 3s a postmagnetizace 4s. Při zkoušce byla použita fokusovací UV lampa Labino PH 135, která vyvodila intenzitu v místě inspekce větší než 2200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/350\text{mm}$. Pozadí (bílé světlo) v místě inspekce bylo 18 lx. Na závěr proběhlo ověření magnetizace Bertholdovou měrkou. Pro zviditelnění vad byl použit fluorescenční prášek Overchek MT fluo č. š. 17291. Před zkouškou proběhlo čištění sady vzorků čistícím prostředkem „Overchek Cleaner“ a po zkoušce proběhla konzervace vzorků pomocí přípravku Ardrex 396/1E8.



Obr. č. 15 Stacionární magnetizér UNIMAG 900 AC/DC

3.4. OSVĚTLOVACÍ TECHNIKA

Pro vybrané experimenty byla vybrána UV lampa firmy Labino, která pracuje s rtuťovou výbojkou a jako filtr používá woodovo sklo pro filtraci viditelné složky. Dále byly vybrány UV LED diody firmy Nitride Semiconductors. Tato osvětlovací technika byla zvolena z důvodu maximální intenzity vyzařování při vlnové délce 365 nm, tj. takového záření, které vybudí fluorescenci ve viditelné oblasti.

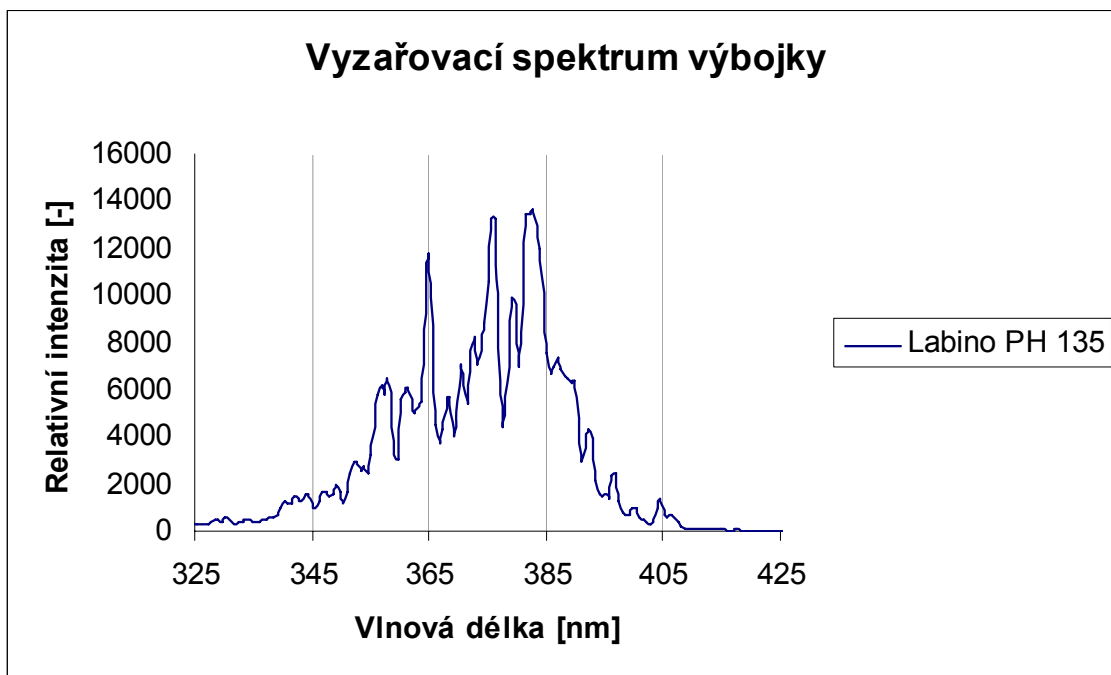
3.4.1. Labino PH135

UV lampa Labino PH135 disponuje vysokým světelným výkonem. Při osvětlení světelným kuželem má velký distribuční úhel, umožňuje tak použít velkou projekční oblast. Při soustředěném paprsku z výkonného reflektoru je schopna lampa vzbudit fluorescenci na vzdálenost až několika set metrů. Parametry modelu Labino PH135 viz. tab. č. 4.

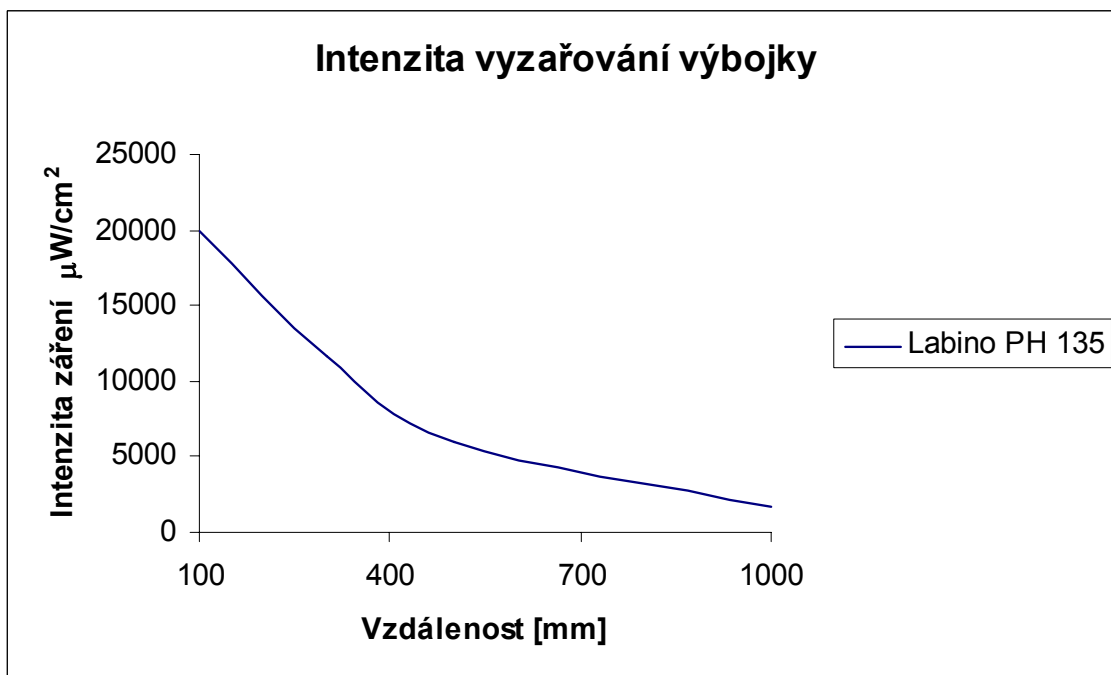
Napětí:	230 V
Výstupní výkon:	35W
Vlnová délka:	UV-A, vrchol při 365 nm
Výkon UV výbojky:	>50.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ z 30 cm
Výkon UV středního osvitu (úhel 20°):	>8.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ z 30 cm
Výkon UV světelný kužel (úhel 45°):	3.500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ z 30 cm
Při startu plný výkon po:	5 až 15 s
Servisní interval výbojky:	Po 2000 hod.

Tab. č. 4 Parametry kompaktní UV lampy Labino, model PH135

Na grafu č. 1 je zřejmé vyzařovací spektrum modelu Labino PH135, která jen minimálně zasahuje do viditelné oblasti. Je zde také patrný velký strmý nárůst intenzity přesně při 365 nm. Intenzita vyzařování je s ohledem na velikost zvolených vzorků výborná i ze vzdálenosti jednoho metru, jak je patrné z grafu č. 2.



Graf č. 1 Vyzařovací spektrum modelu Labino PH135



Graf č. 2 Intenzita vyzařování modelu Labino PH135

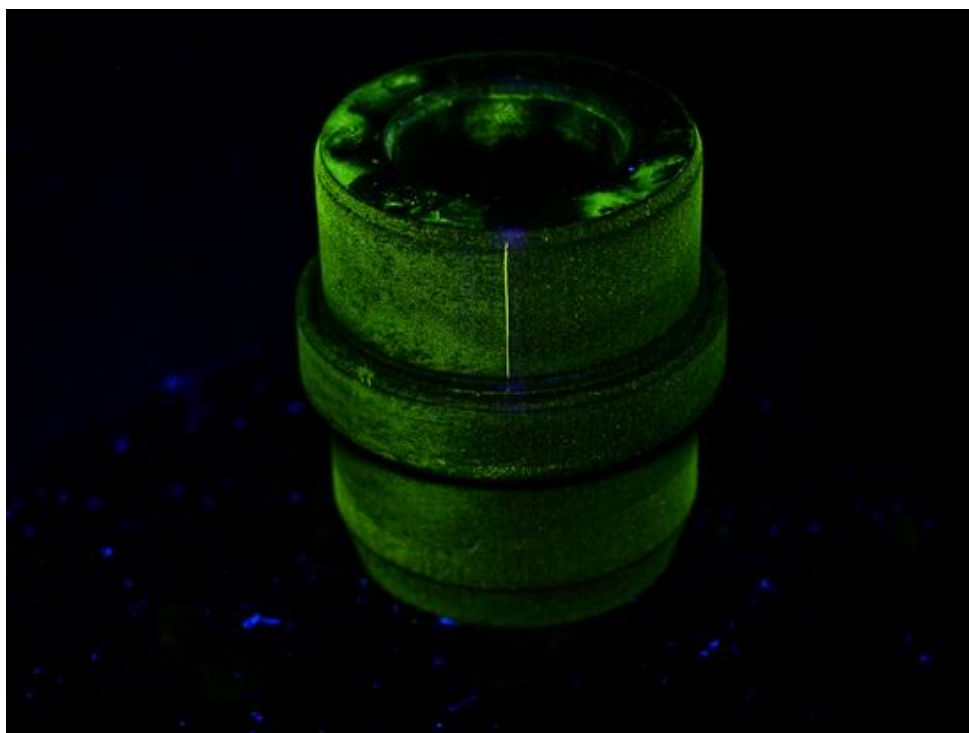
Grafy z obr.č. 1 a 2 byly měřeny na přístrojích a při podmínkách viz. příloha č. 2 „Měření intenzit a průběhů“.

3.4.1.1. Osvětlovací úhly

Aby bylo možné zaznamenat co nejlepší snímek, je nutná pečlivá volba osvětlovacích úhlů, z důvodu zamezení nežádoucích odlesků, co nejmenšího počtu falešných indikací a dostatečného osvětlení zvolené plochy (vady) součásti.

K výběru vhodného uspořádání záznamové a osvětlovací techniky vůči vybrané součásti se dospělo experimentálně. Vybrané experimentálně pořízené snímky jsou v příloze č.3 „Nastavení polohy osvětlení“ i se znázorněným schématem uspořádání. Zde bylo možné volit úhel od horizontální roviny, jak záznamové techniky, tak zvoleného osvětlení, úhel od vertikální roviny mezi záznamovou technikou – součástí – osvětlením, dále vzdálenosti osvětlení i záznamové techniky.

Na obr. č. 16, kdy byla součást pořízena a nasvícena pod úhly a ze vzdáleností, které jsou uvedeny v tab. č. 5, je viditelná rovnoměrnost fluorescenčního prášku, který tvoří pozadí (tzv. šum). Zároveň je zde vidět vysoký kontrast indikace/šum.



Obr. č. 16 Volba osvětlovacího úhlu (viz. příloha č.3: Volba osvětlovacího úhlu /P1010002.jpg)

Obrázek	Vzorek	Horizontální úhel foto	Horizont. úhel UV osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV
P1010002	X1101	30°	30°	0°	40 cm

Tab. č.5 Volba osvětlovacího úhlu

3.4.2. LED diody

Od firmy Nitride Semiconductors byly vybrány LED diody s označením NS365-5CLA; RLT365-525 a UVLED365-10. Parametry jednotlivých diod jsou vypsány v tabulkách 6 až 8.

Vlnová délka λ_p	Rozptyl světla	Stejnoseměrný propustný proud I_f	Propustné napětí	Výkon / při 20mA	Pracovní teplota
363 až 375 nm	10°	25mA	3,2 až 4,4 V	0,4 až 0,6mW	-30 až +80°C

Tab. č.6 parametry diody NS365-5CLA

Vlnová délka λ_p	Rozptyl světla	Stejnoseměrný propustný proud I_f	Propustné napětí	Výkon / při 20mA	Pracovní teplota
365 nm	30°	25mA	3,6 až 4,5 V	0,85 mW	-30 až +80°C

Tab. č. 7 parametry diody RLT365-525

Vlnová délka λ_p / 20mA	Rozptyl světla	Stejnoseměrný propustný proud I_f	Propustné napětí	Výkon / při 20mA	Pracovní teplota
365 nm	10°	25mA	3,6 až 4,0 V	1,4 mW	-30 až +80°C

Tab. č. 8 parametry diody UVLED365-10

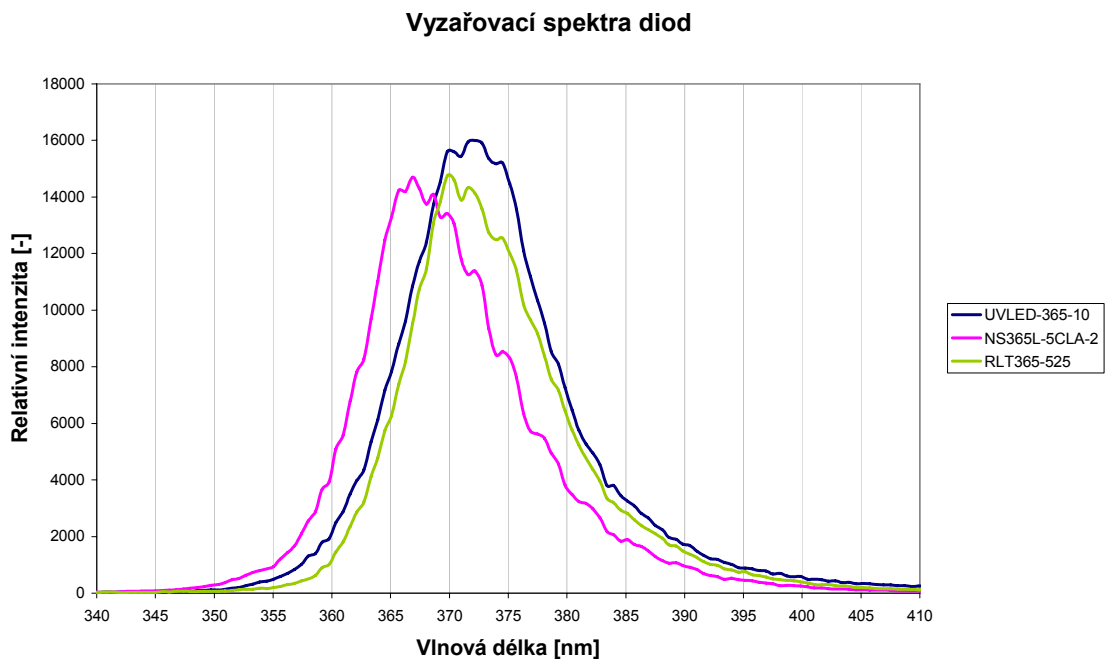
Při experimentálních pokusech osvětlovat povrch součástí diodami nebylo možné přesně ustavit diody pod zvoleným úhlem a na zvolenou vzdálenost, ale byly nastaveny ručně z důvodů malé intenzity a velké směrovosti vyzařování, jak je uvedeno v příloze č.4 „LED diody“.

U diody NS365-CLA je patrné z obr. č. 17, že nedošlo k dostatečnému vyvolání fluorescence v oblasti relevantní indikace z důvodu relativně malé intenzity vyzařování při vlnové délce 365 nm. U této diody byla naměřena ze vzdálenosti 10 mm intenzita vyzařování při této vlnové délce menší než $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ viz. graf č.4, což je hodnota při které není možné dostatečně osvětlit dílčí plochu součásti. Dioda má také větší intenzitu vyzařování ve viditelné oblasti viz. graf č. 3, tím dochází k intenzivnímu kovovému odlesku, který nebylo možné účinně odfiltrovat takovým způsobem, aby nebyl odfiltrován i užitečný signál a díky těmto vlastnostem nebylo možné pořídit vhodný záznam.

Dioda RLT365-525 má oproti diodě NS365-CLA ještě mešší intenzitu vyzařování, hlavně díky maximu vyzařování posunutého k 370 nm viz graf. č. 3. U této diody opět nedochází k fluorescenci a díky vyzařování i ve viditelné oblasti dochází k intenzivnímu kovovému odlesku součásti.

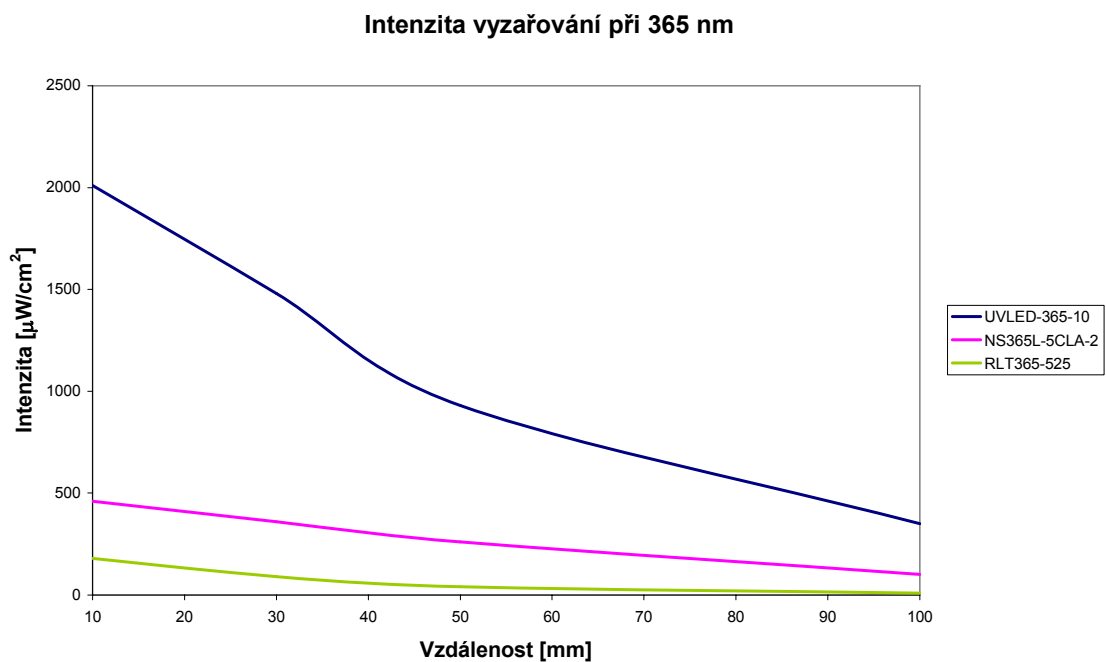
Dioda UVLED365-10 je z vybraných tří LED diod nejvýkonnější, má při 365 nm ze vzdálenosti 10 mm přibližně $2000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Avšak tuto vyzařovací intenzitu má Labino model PH135 na vzdálenost 1m, jak je patrné z grafu č. 2 ve srovnání s charakteristikou UV-LED diod z grafu č. 4. U této LED diody dochází k fluorescenci v oblasti relevantní indikace, avšak velice intenzivní a rozsáhlý kovový odlesk tuto indikaci převyšuje.

Z důvodů již zmíněných nebylo v aplikacích těchto diod pro následné zpracování obrazu pokračováno.



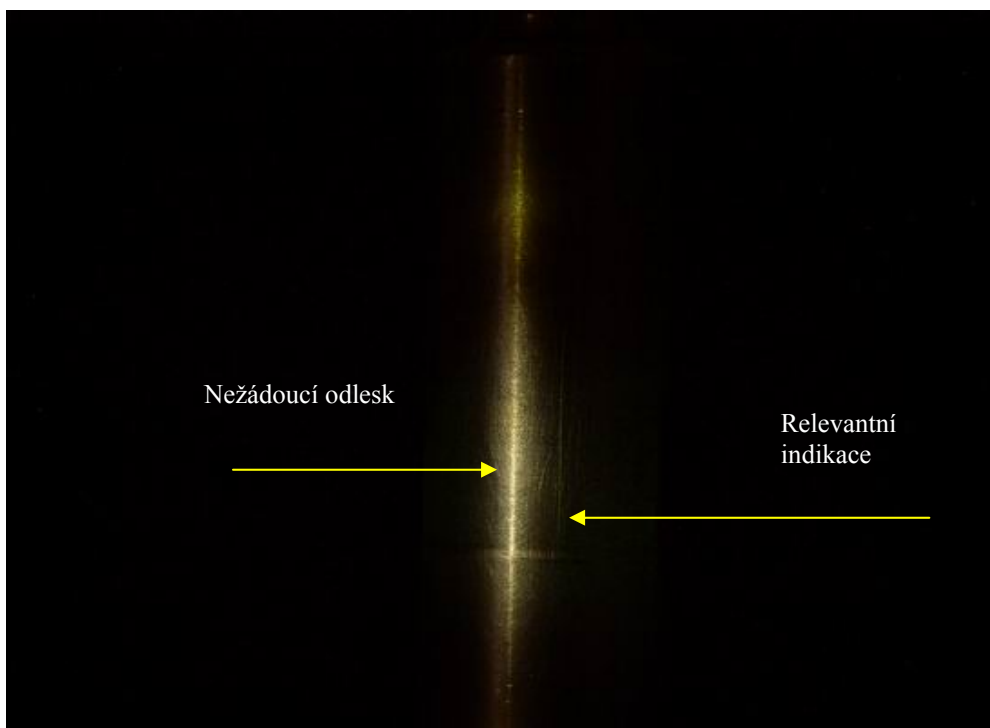
Graf č. 3 Vyzařovací spektra zvolených diod

Pozn. Ke grafu č. 3: Intenzity vyzařování diod nejsou vůči sobě ve správném poměru.

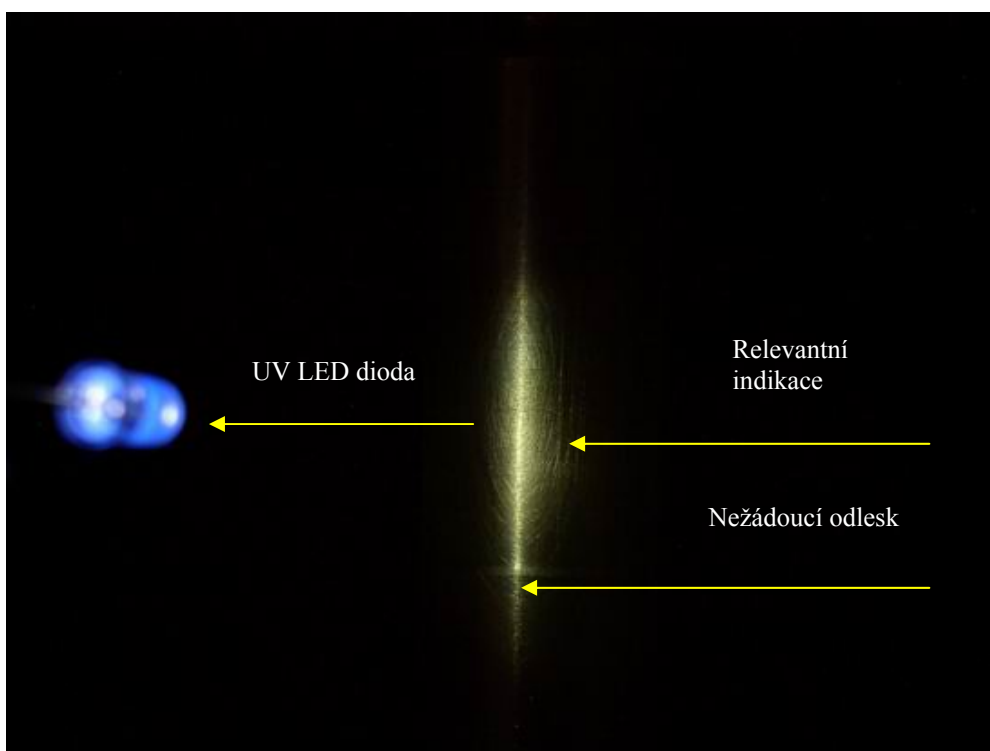


Graf č. 4 Intenzita vyzařování zvolených diod při vlnové délce 365nm

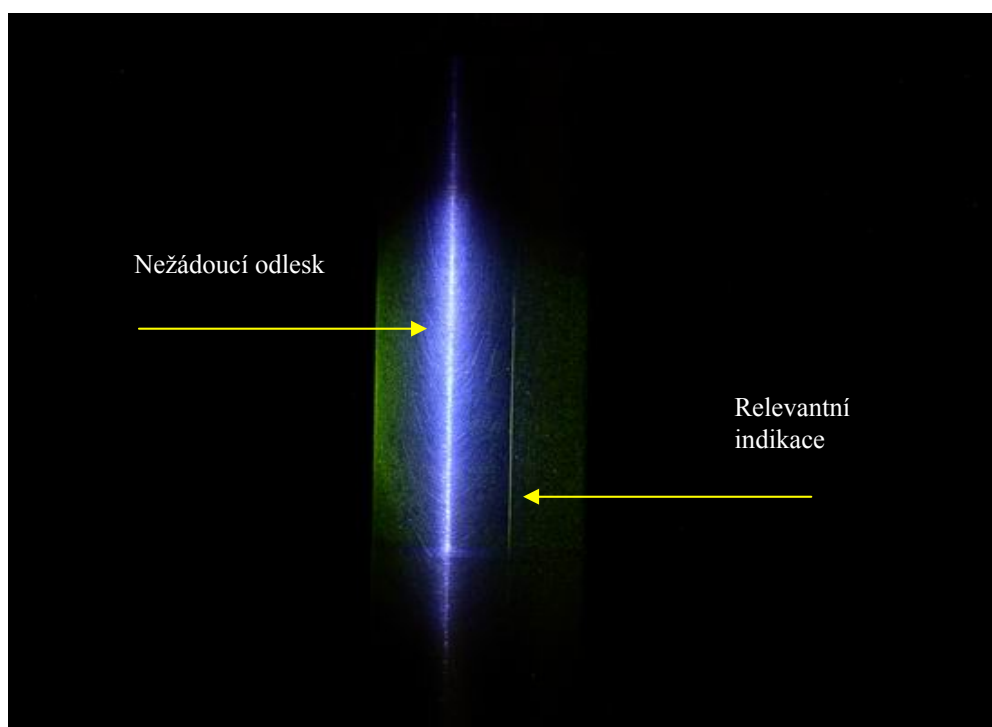
Grafy z obr.č. 3 a 4 byly měřeny na přístrojích a při podmínkách viz. příloha č. 2 „Měření intenzit a průběhů“.



Obr. 17 - Fluorescence při osvětlení diodou NS365-5CLA (viz. příloha č.4 LED diody/P1010031.jpg)



Obr. 18 - Fluorescence při osvětlení diodou RLT365-525 (viz. příloha č.4 LED diody/P1010028.jpg)



Obr. č. 19 - Fluorescence při osvětlení diodou UVLED365-10 (viz. příloha č.4 LED diody/P1010005.jpg)

3.5. SNÍMACÍ TECHNIKA

Jako snímací technika pro magnetickou metodu práškovou byl vybrán kompaktní digitální fotoaparát Olympus C-4000 pro bezkonkurenčně nejrozsáhlejší sortiment příslušenství a černobílá kamera DVC – 1310 pro svou cenovou dostupnost a její snadnou instalaci.

3.5.1. Olympus C-4000 Zoom



Obr. č. 20 Digitální fotoaparát Olympus C-4000 Zoom

Digitální fotoaparát Olympus C-4000 Zoom pracuje se snímacím světlocitlivým prvkem, kterým je prokládáný CCD snímač s funkcí mapování pixelů a celkem 4.1 mil. obrazových buněk, z nichž využitelných jsou 4 mil., přesněji 2288x1712. Toto je současně maximální rozlišení použitého CCD snímače. K dispozici je sice i větší rozměr (JPEG) 3200x2400, vzniká ale interpolací, tedy jakýmsi dopočítáním neexistujících bodů obrazu a v tom případě je třeba počítat se zhoršením kvality snímku. Při všech nastavitelných neinterpolovaných rozlišeních 2288x1712, 2288x1520 (3:2), 2048x1536, 1600x1200, 1280x960, 1024x768 a 640x480 je možno vybrat mezi formátem TIFF a JPEG, přičemž u formátu JPEG je možno ještě zvolit jeden ze dvou různých stupňů komprese.

K dispozici je i funkce redukce šumu snímače. Ta je velice důležitá pro naše pracovní podmínky, protože při extrémně malém osvětlení je velikost vytvořeného náboje světlocitlivého snímače CCD svou velikostí srovnatelná s nábojem, který je náhodně generován přímo samotnou strukturou

polovodičového materiálu (tzv. elektrický šum). Ve výsledném obraze se pak tento šum projevuje jakousi zrnitostí zejména tmavších ploch, na které logicky dopadlo nejméně světla a náhodně generovaný náboj zde tedy převládá.

Ke snížení šumu může přispět sám fotograf nastavením nižší citlivosti snímáče, což je ale bohužel protichůdný požadavek při fotografování za velmi slabého osvětlení. Další možností je pak dodatečná úprava pomocí software na počítači, která ale bohužel neřeší příčinu ale pouze její následek.

Výrobci tedy zavádějí do fotoaparátů speciální funkci "Noise Reduction", která je automaticky aktivována při slabém osvětlení a její aktivace je obvykle odvozena od délky expoziční doby přesahující zpravidla 1 sekundu. Nejprve je tedy pořízen obvyklým způsobem snímek (který obsahuje rušivý šum) a vzápětí je spuštěna nová expozice, tentokrát ale bez otevření závěrky fotoaparátu.

Sejme se tedy vlastně pouze rušivý šum snímáče bez dopadu okolního světla, a to za stejných podmínek, za jakých byl pořízen snímek původní (teplota, expoziční doba, el. napětí). Následně se speciálním matematickým algoritmem "odečte" druhý snímek (šum buněk snímáče) od snímku prvního. Celá operace (matematický výpočet včetně dvou expozic) tedy trvá poněkud déle než pořízení obvyklého snímku, ale výsledkem je relativně čistý záběr bez rušivého šumu vlastního snímáče.

U objektivu umožňuje optický transfokátor měnit ohniskovou vzdálenost od 6.5 do 19.5mm, v přepočtu na kinofilm od 32 do 96mm (3x), jedná se tedy o trojnásobný optický zoom. Na konci rozsahu optického transfokátoru (96mm) je možno zapnout ještě transfokátor digitální (až 3.5x), čímž teoretická přepočtená ohnisková vzdálenost objektivu vzroste na 336mm (při světelnosti 2,8). Výsledný obraz při použití digitálního transfokátoru pochopitelně není vytvářen díky dalšímu prodlužování ohniskové vzdálenosti, ale interpolací.

Maximální světelnost objektivu je 2,8 a i při nastavení nejdelší ohniskové vzdálenosti zůstává na stejné hodnotě, což je nevídaný výsledek. Zdvih transfokátoru je pouze elektrický, nikoliv ruční a objektiv je pevně zabudován v těle fotoaparátu a není jej tedy možno vyměňovat.

Pro aplikace ve tmavé komoře byly voleny časy uzávěrky tak, aby při světlosti objektivu „f“2,8 bylo docíleno světelnosti snímku -2,7 až -3,0 EV.

O zaostřování se stará zaostřovací automatika, která se aktivuje lehkým namáčknutím spouště. Výsledné zaostření není pochopitelně v průhledovém

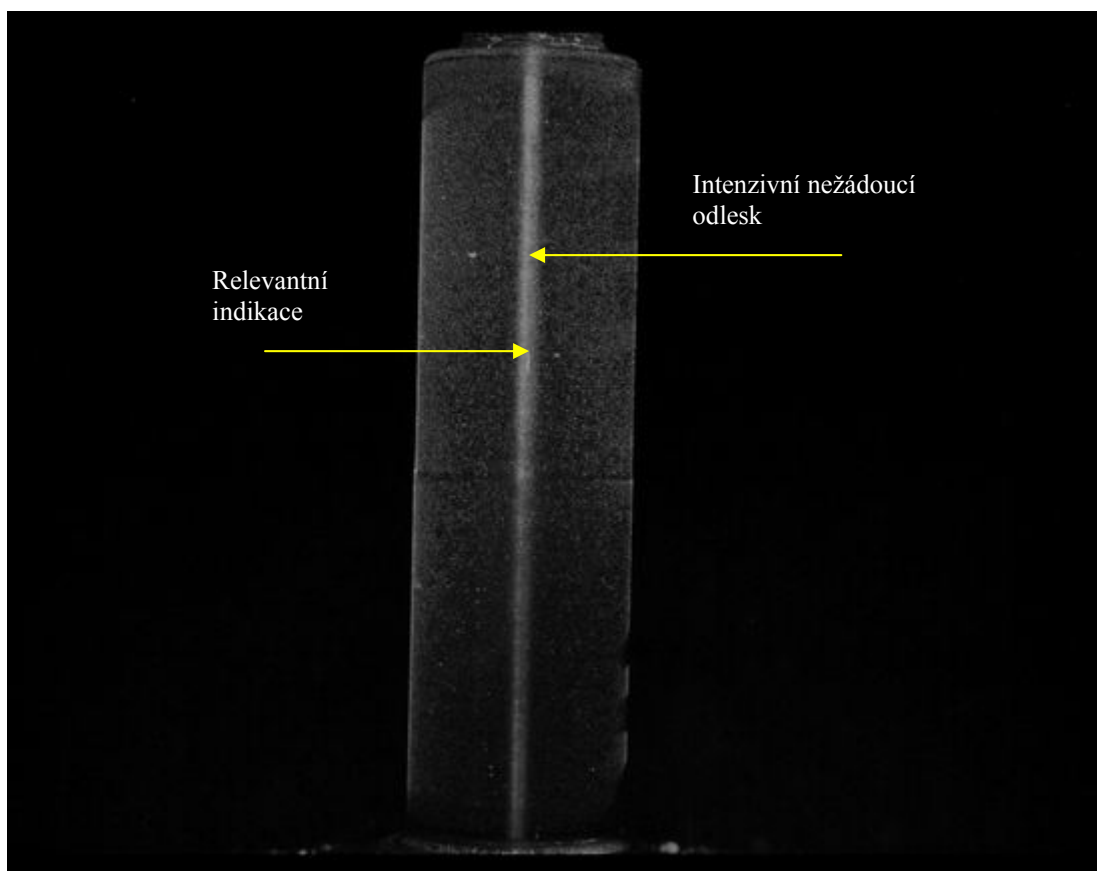
hledáčku vidět, nejedná se o zrcadlovku. Proces zaostření lze sledovat pouze na rozsvíceném displeji na zadní stěně fotoaparátu. Zaostřovací automatiku lze přepnout i do režimu vyhodnocování zaostření z celé plochy snímku (iESP), ale pro naše potřeby, kdy se věnujeme jen vymezenému výseku používáme klasické zaostřování na střed záběru (SPOT). Další z možností je zapnutí automatického sledování pohybujícího se objektu a tím i jeho neustálé automatické doostřování. Objektiv je schopen v automatickém režimu zaostřit již od vzdálenosti 0.8m, po přepnutí do režimu "Macro" nebo v režimu ručního ostření od 20 do 80cm a v režimu "Super Macro" od 2 do 20cm. Při nedostatečném osvětlení nebo dokonce ve tmě je však zaostřovací automatika ne zcela pohotová, protože přístroj nedisponuje možností červeného či infračerveného "přisvícení" a následného zaostření. Rovinu ostrosti objektivu lze nastavit i ručně. Nejedná se však o klasické zaostřování otáčením prstence, ale pomocí tlačítek "vpřed" a "vzad". Výsledný efekt je samozřejmě vidět pouze na barevném displeji (nikoliv v průhledovém hledáčku), navíc je zobrazena ocejchovaná stupnice vzdáleností s posouvající se značkou.

Fotoaparát má dva hledáčky. Prvním je průhledový hledáček s dioptrickou korekcí, který je spřažen s objektivem. Lze tedy posoudit úhel záběru podle polohy transfokátoru, nikoliv však zaostření. Druhým hledáčkem je barevný displej se 110000 body, umístěný na zadní stěně fotoaparátu.

3.5.2. Černobílá kamera DVC-1310

Použitý systém se skládal z počítače obsahujícího zachytávací kartu MV-1500 připojenou k digitální kameře DVC – 1310 s objektivem Cosmicar/Pentax o maximální světelnosti „f“1,4. Kamera je osazena CCD snímačem o velikosti 2/3 palce a pracuje s rozlišením 1300 X 1030 obrazových bodů, s 10 bitovou hloubkou jasu, kontrolou jasu i kontrolu vadných pixelů. Je schopna snímat a zaznamenávat videosekvence rychlostí 12 snímků za vteřinu v rozlišení 1300 X 1030 obrazových bodů a 24 snímků za vteřinu v rozlišení 1300 x 515 obrazových bodů. Integrační čas snímků je možno volit od 83,33 až po 10000 ms. Kamera je propojena s PC pomocí paralelního kabelu konektorem DB-44, který přenáší data rychlostí 20,25 MB/s z kamerového výstupu. Na obr. č. 21 je

znázorněna součást typu čep pořízena černobílou kamerou DVC 1310 s použitím páru polarizačních filtrů a oranžového filtru.



Obr. č. 21 Záznam z černobíle kamery DVC 1310 s použitím optických filtrů jak dvojice polarizačních , tak i oranžového filtru.

U této digitální kamery byl odhalen nežádoucí jev, a to „posouvání jasového spektra“, kdy při menších světelných intenzitách dochází k posunutí jasového spektra do tmavšího pásma a tím je zapříčiněna ztráta kontrastu indikace/šum což bylo pravděpodobně způsobeno automatickou redukcí 10 bitového rozsahu monochromatického pásma (1024 odstínů šedi) na pouhých 8 bitů (256 odstínů šedi) pro obrazové zpracování v software Lucia. Tyto nežádoucí vlastnosti kamery neovlivnily k lepším výsledkům ani optické filtry, u kterých bylo použití s touto kamerou pro potlačení prachových a dalších nečistot ze snímané součástí předpokládáno. Zvolené rotační vzorky dávají intenzivní odlesky s kterými si snímací zařízení není schopno poradit, tak že tato kamera byla pro naše účely shledána jako nevhodná a v experimentech dále nebylo pokračováno.

3.6. OPTICKÉ FILTRY

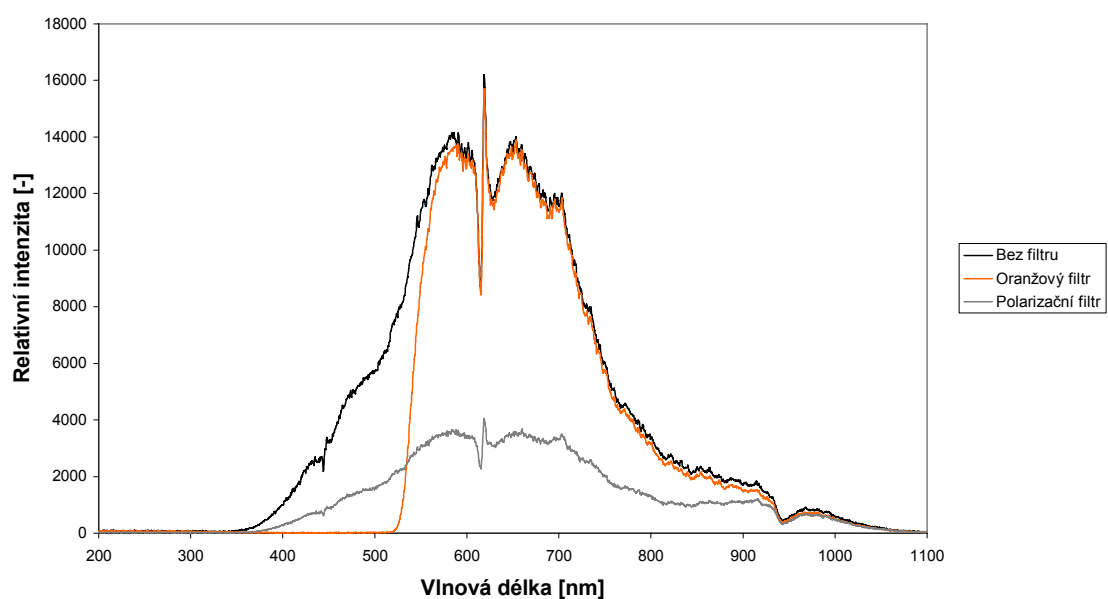
Pro odfiltrování nežádoucích obrazových informací, které jsou pro následné zpracování dat v počítači nepotřebné a často znehodnocují užitečný signál byly použity optické filtry, které jsou připevněny před objektivem snímací techniky a před zdrojem světla. Byl vybrán cirkulární polarizační filtr od firmy Kenko se šroubovací objímkou průměru 55 mm, barevný - oranžový filtr od firmy Hoya se stejným průměrem a lineární polarizační folie 300 x 300 mm.

3.6.1 Polarizační filtr

Byl použit cirkulární polarizační filtr, pro svou vhodnost k práci s digitálním fotoaparátem. U tohoto typu filtru nedochází při použití digitálního fotoaparátu k chybnému zaostření autofokusační technikou ani k nepřesnému nastavení expozice.

Polarizační filtr zabraňuje tvorbě odlesků na kovovém předmětu, toto platí pouze v případě, byl-li použit polarizační filtr ve dvojici, tj. cirkulární polarizační filtr před objektivem fotoaparátu a polarizační filtr nebo folie před zdrojem UV světla. Nevýhoda použití polarizačního filtru je zeslabení světelné intenzity dopadající na snímač záznamové techniky, při průchodu filtrem. V grafu č.5 je porovnání snížení světelné intenzity s oranžovým filtrem a při záznamu bez filtru. Výsledný záznam s použitím obou filtrů současně je na obr.č. 23. Další předností je zvýšení sytosti barev u barevných objektů. Pro srovnání je na obr. č. 22 součást, která byla pořízena bez použití optického filtru.

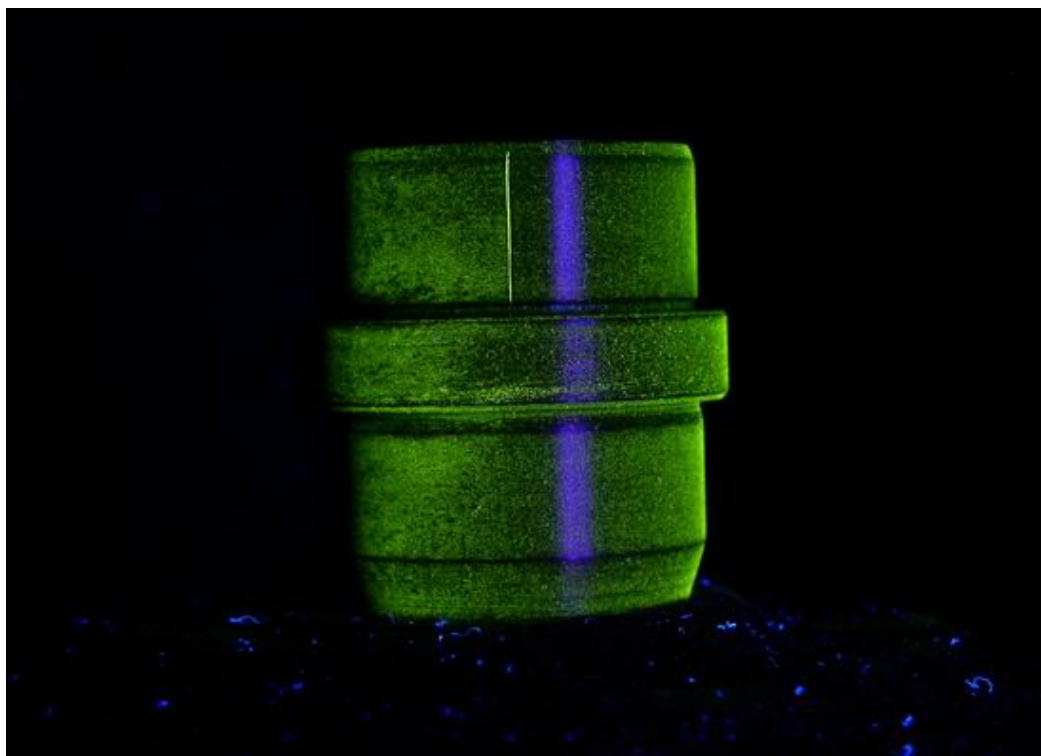
Propustnost filtrů ve viditelné oblasti



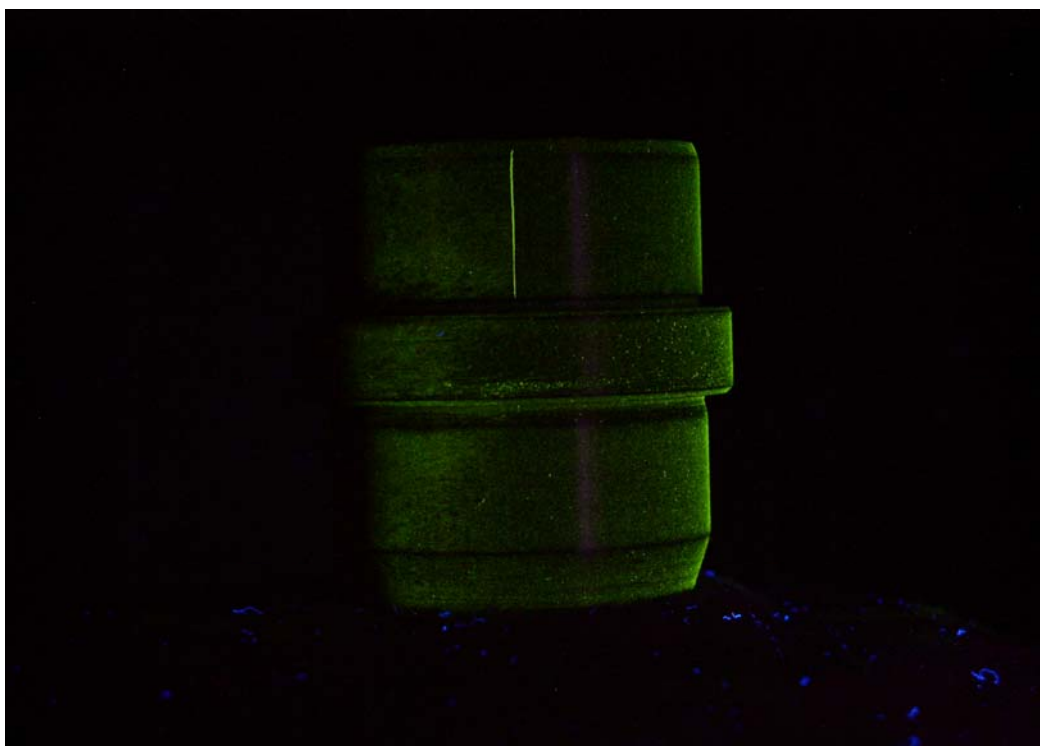
Graf č. 5 Srovnání propustnosti filtrů ve viditelné oblasti

Graf č. 5 byl měřen na přístrojích a při podmínkách viz. příloha č. 2 „Měření intenzit a průběhů“

Pozn. Poměr intenzit propustnosti filtrů uvedených v grafu odpovídá poměru jejich skutečné propustnosti.

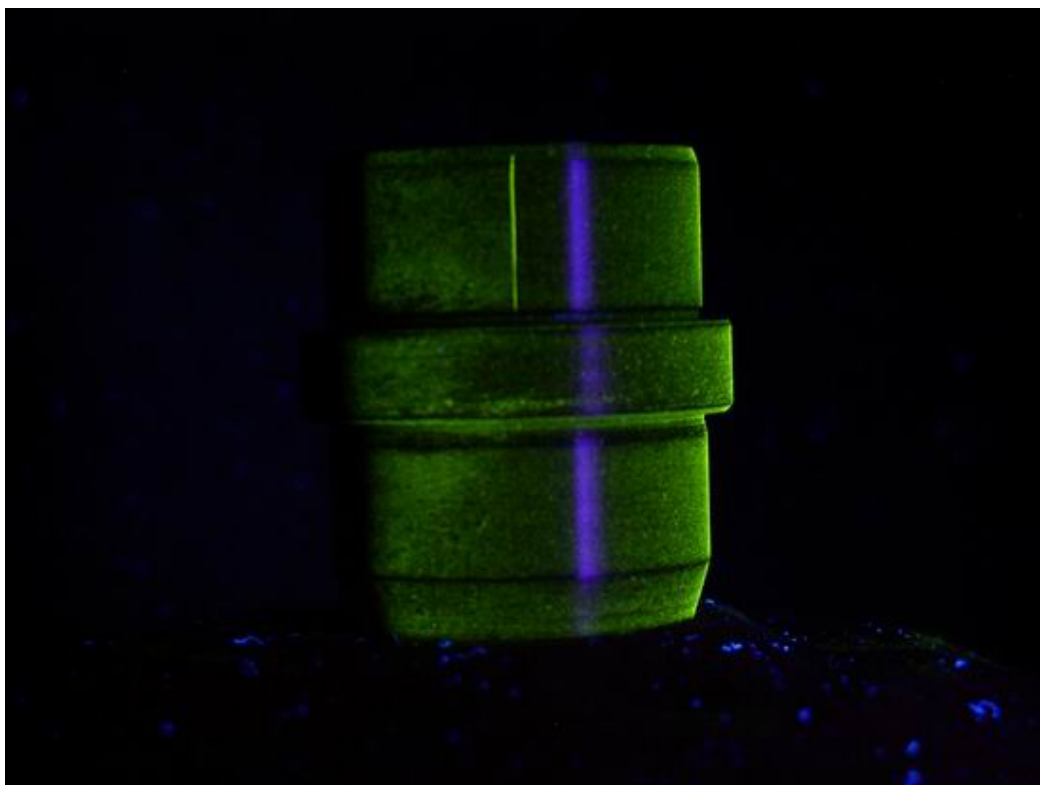


Obr. č.22 Součást pořízena bez optického filtru



Obr. č. 23 Vliv dvojice polarizačních filtrů na kovový odlesk součásti

V příloze č. 5 „Vliv polarizačních filtrů ve dvojici“ jsou uvedeny výsledky, které potvrzují teorii funkce polarizačních filtrů odfiltrovávající kovový odlesk součásti při použití filtrů v dvojici. Na obr. č. 24 je zaznamenán experiment bez použití polarizační folie před UV osvětlením, kde je patrný intenzivní rušivý odlesk od zdroje UV osvětlení.



Obr. č. 24 Použit cirkulární polarizační filtr bez polarizační folie před UV zdrojem

Dále byl experimentálně určován vliv polohy cirkulárního polarizačního filtru vůči polarizační folii před zdrojem UV osvětlení a vliv celé soustavy cirkulární polarizační filtr a polarizační folie vůči součásti. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v příloze č.6 „Poloha polarizačního filtru“.

Při určování funkce polarizačního filtru byla součást nasvícena záměrně (z boku) pod úhlem od vertikální roviny záznamové techniky 45° , pro získání co nejintenzivnějšího kovového odlesku. Na takto získaném intenzivním kovovém odlesku byla nejvíce patrná vhodnost nastavení a poté odfiltrování tohoto nežádoucího jevu.

Pomocí funkce jednorozměrného profilu byl u sady vzorků určen poměr intenzit relevantní indikace a šumu (pozadí) okolí na jednotlivých vzorcích. Jako intenzita barevné složky byla brána v potaz jen nejvýraznější zelená složka a výsledný poměr je zde vyjádřen vždy jen jako nejvyšší poměr intenzity indikací a střední hodnoty intenzity šumu, které bylo možné získat z obrazového záznamu vzorku při nebo bez použití filtru. Vliv dvojice polarizačních filtrů na výsledném poměru indikace/šum je v tab. 9 a 10 a v příloze č. 1 „Sada vzorků“.

Vzorek	Bez filtru	Dvojice polarizačních filtrů	Oranžový filtr	Polarizační a oranžový filtr
X1112	1,83	2,11	2,3	5,09
X1113	3,52	3,47	2,6	12,7
X1114	2,2	2,29	2,6	6,57
X1115	1,85	2,13	2,76	4,22
X1116	1,9	3,49	2,13	7,86
X1117	1,9	4,63	2,93	7,21
X1118	3,1	5,64	5,8	7,63
X1119	2,29	3,23	2,41	6,28
X1120	2,48	3,63	2,8	7,43
X1121	1,89	5,16	1,9	7,11
X1122	2,09	3,98	2,66	2,72
X1123	1,84	4,42	1,82	5,88
X1124	1,61	3,98	2,48	5,91
Průměrný poměr indikace/šum	2,19	3,70	2,70	6,66

Tab. č. 9 Měření kontrastu indikace/šum na vzorcích typu: Čep

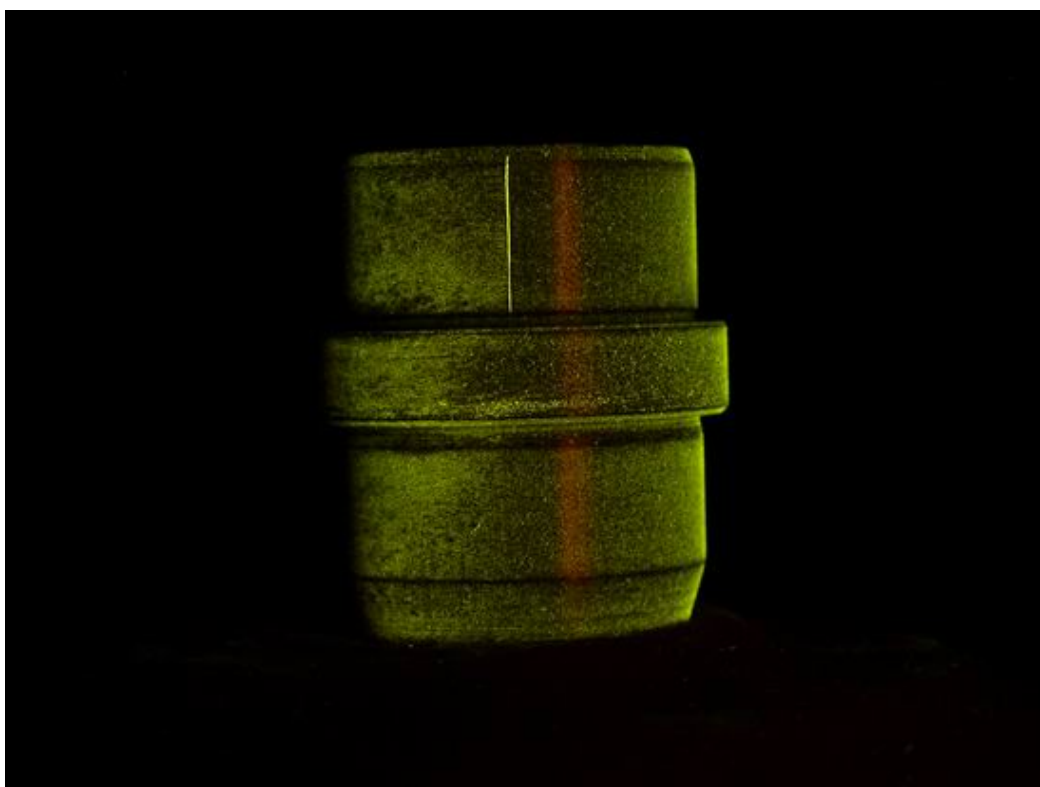
Vzorek	Bez filtru	Dvojice polarizačních filtrů	Oranžový filtr	Polarizační a oranžový filtr
X1101	5,93	7,97	6,22	5,21
X1102	4,05	8,59	4,52	7,45
X1103	4,32	4,51	6,05	7,21
X1104	1,42	4,84	4,53	3,47
X1105	2,68	6,54	5,78	9,88
X1106	3,13	4,32	1,75	3,82
X1107	2,33	3,06	3,36	2,3
X1108	5,97	6,48	11,13	5,97
X1109	4,24	4,74	1,81	4,24
X1110	6,70	4,74	5,93	4,4
X1111	4,17	3,26	3,07	4,1
Průměrný poměr indikace/šum	4,09	5,36	4,92	5,27

Tab. č. 10 Měření kontrastu indikace/šum na vzorcích typu: Objímka

3.6.2 Barevný filtr

Jako vhodný byl vybrán plošný oranžový filtr, který funguje jako pásmová propust' pro určitá barevná spektra. Vybraný oranžový filtr propouští záření od vlnové délky cca 530 nm výše viz. graf č. 5 a tím pomáhá jednak odstranit část odlesků od zdroje UV světla, odfiltrovává prachové indikace, které často vyzařují v modré oblasti a dále posouvá barevné spektrum k jasnějšímu vykreslení viz. obr. č 25. Porovnání pomocí profilu u sady vzorků vlivu barevného filtru na výsledném poměru indikace/šum je uvedeno v tab. č. 9 a 10 a v příloze č. 1 „Sada vzorků“.

Výrazná kresba by měla být i u monochromatického záznamu, ale kvůli nevhodnosti zvoleného systému, toto nebylo v experimentech úspěšně potvrzeno.



Obr. č. 25 Snímek součásti při použití oranžového filtru

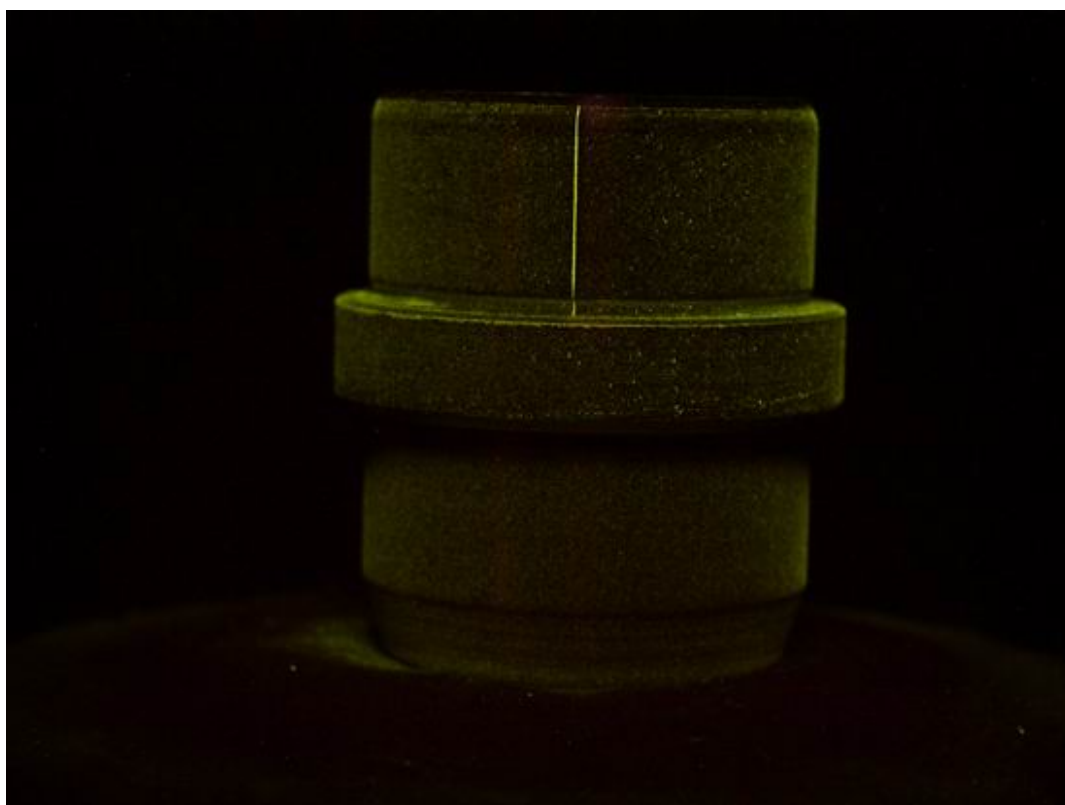
3.6.3 Kombinace barevného a polarizačního filtru

Při kombinaci barevného a dvojice polarizačních filtrů se předpokládalo sečtení (superpozice) pozitivních vlastností filtrů. Ale byla zde zároveň obava

z výrazného zeslabení světla dopadající na snímač záznamové techniky. Z menší světelnosti scény plynou delší expoziční časy a tedy delší doba zpracování snímku, která se negativně projeví při snaze o rychlé vyhodnocení. Dále z důvodů delšího expozičního času a rizika neostrosti obrazového záznamu je nutný předpoklad tuhé soustavy (stojanu) držák součásti - držák záznamového zařízení. Tímto způsobem nelze pořizovat snímky součásti, která je v pohybu.

Předpoklad součtu pozitivních vlastností se potvrdil, viz. obr. č. 26, na kterém je patrné velice dobré odfiltrování nežádoucích odlesků, potlačení nečistot, jako jsou prachové částice na součásti a dále je zde patrný vysoký kontrast indikace/šum.

Porovnání pomocí profilu u sady vzorků vlivu barevného a polarizačního filtru na výsledném poměru indikace/šum je uvedeno v tab. č. 9 a 10 a v příloze č.1 „Sada vzorků“.



Obr. č. 26 Součást při použití jak oranžového, tak obou polarizačních filtrů.

3.7. OBRAZOVÁ ANALÝZA

3.7.1 Použité způsoby předzpracování

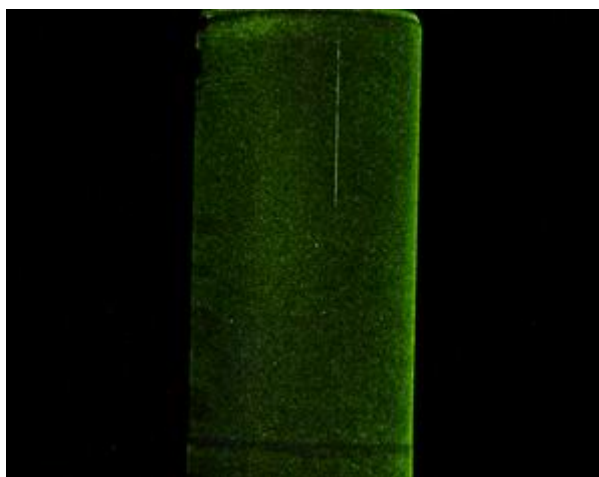
Po pořízení obrazových dat přichází na řadu předzpracování obrazu (filtrace). Pro předzpracování máme možnost použít tyto tři metody:

- a) Odečítání pozadí: Tato metoda pracuje na základě odečítání referenčního obrazu od originálního při použití obrazové aritmetiky. Předpokladem u této metody bylo, že referenční obraz neobsahuje vadové indikace a intenzita pozadí je relativně nižší, než intenzita užitečného signálu. Při tomto předpokladu se odfiltrují pouze rozdíly obrazů. Výhodou je, že tato metoda je rychlá, lze ji použít i na členitější díly, kde lze předpokládat velké množství stále se opakujících falešných indikací a ploch o různých intenzitách.
- b) Regionální maxima (popř. detekce vrcholů): Metoda, kde je využíváno funkce hledání regionálních maxim (minim) pomocí geodetické rekonstrukce algoritmu pro detekci lokálního maxima (minima). Bylo zde možné nastavení velikosti konvoluční masky a počtu iterací. Dle výsledného obrazu bylo patrné odfiltrování míst s nízkou intenzitou a pomalými změnami, zůstanou pouze relativně rychlé změny v obrazu o vysoké intenzitě jasu, hlavně v závislosti na zvoleném počtu iterací. Tato metoda je universální a není zde potřeba referenčního obrazu, proto se hodí pro práci například s velkými plochami, kde je velmi složité referenční obraz pořídit, z důvodu složitého přesného určení momentální snímané polohy. Nevýhody této metody jsou stejně jako u vysokofrekvenční propusti z hlediska automatického vyhodnocování, pomalost a také nižší schopnost nalézt plošné indikace velkých rozměrů i když toto lze řešit pomocí velkého počtu iterací, ale s dalšími nevýhodami.
- c) Vysokofrekvenční propust': Metoda pracuje s originálním obrazem, od kterého se odečítá vyhlazený originální obraz. Vyhlazení lze provést

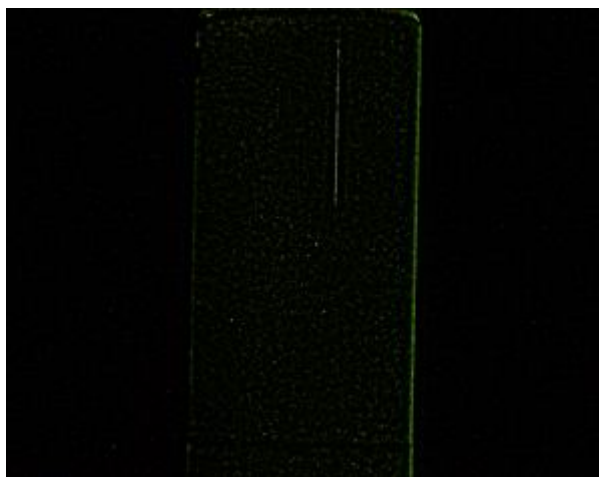
pomocí různých konvolučních filtrů, nebo pomocí FFT (Fast Fourier Transformation) v software Lucia např. filtrace vyhlazení, Golay filter, median. Byla zde možnost nastavení velikosti konvoluční masky a počtu iterací. Na výsledném obraze bylo patrné, že se odfiltrují pomalé změny v obraze (pozvolné přechody) a zůstanou pouze rychlé změny. V tomto případě to byl šum a indikace způsobené nečistotami. V závislosti na zvoleném filtru vyhlazování a jeho parametrech bylo možné stanovit propustnost filtru, v důsledku tedy velikost a intenzitu získaných indikací. Tato metoda je opět velice universální, ale její nevýhodou z hlediska automatického vyhodnocování je vzhledem ke složitosti operací její pomalý průběh a není schopná nalézt plošné indikace velkých rozměrů.

3.7.2 Prahování a měření objektů

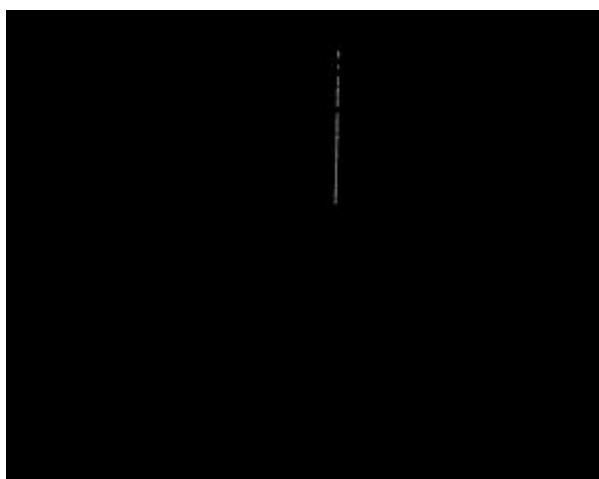
Po provedené filtraci následuje prahování. Filtrace byla provedena takovým způsobem, aby meze prahování mohly zůstat pro všechny typy filtrací konstantní. Následné vyhodnocování a měření objektů nám dávaly informace pro porovnání míry úspěšnosti filtrace. Na obrázcích č. 27a až 27c je patrný postup zpracování pomocí software.



Obr. č. 27a Snímek čepu pořízený s použitím dvojice polarizačních filtrů před filtrací



Obr. č. 27b Snímek čepu po filtraci před prahováním



Obr. č. 27c Snímek po prahování v binárním obraze

3.7.3 Obrazová analýza z hlediska optických filtrů

Při sestavování maker pro automatické vyhodnocování bylo využito empirických zkušeností. Makra byla upravena tak, aby fungovala jak bez, tak s použitím daných filtrů.

- a) Bez použití filtrů: Byl k dispozici „surový“ signál, který má maximální intenzitu (neprochází filtry) a není u něj patrný barevný posun. Značnou nevýhodou jsou odlesky, které přestože mají jinou barevnou indikaci, jejich záření je v modré oblasti, značně zeslabují užitečný signál, je-li tento odlesk

v místě indikace. Je zde nutné dodatečně odfiltrovat prach a další nečistoty zářící v modré oblasti barevného spektra.

- b) S použitím oranžového filtru: Na výsledném obrazu je patrné, že oranžový filtr částečně redukuje odlesky, především pak odlesky a nečistoty z modrého barevného spektra. Z toho plyne zjednodušení filtrace o tyto výhody. Avšak jeho nevýhodou je výrazné pozadí, dochází tak k nižším poměrům indikace/šum a tím pádem je nepatrně hůře filtrovatelný.
- c) S použitím dvojice polarizačních filtrů: Při použití tohoto filtru dochází k účinnému odfiltrování odlesků, vykazuje lepší pozadí ve srovnání s výsledky, kde nebyl použit optický filtr a hlavně při srovnání s výsledky při použití oranžového filtru. Hlavní nevýhodou tohoto filtru je nepotlačení indikací vzniklých od nečistot na součásti.
- d) S použitím dvojice polarizačních filtrů i oranžového filtru: U kombinace těchto filtrů je zřejmé velice dobré odfiltrování odlesků, prachu a nečistot vyzařujících v modré oblasti barevného spektra a je zde velmi potlačeno pozadí. Ovšem značnou nevýhodou je zde nízká intenzita prošlého záření, tudíž i nižší intenzita užitečného záření. Přestože má většinou dobrý poměr signál/šum a lze předpokládat vysoký zisk signálu, tak i přes to dochází k „rozpadu“ indikací. Původně celistvá indikace je rozdělena na více segmentů a tím se ztrácí informace o jejím skutečném charakteru. Naproti tomu i s tímto normy počítají a charakterizovaly by takovouto indikaci např. jako řádkovou tak, že by výrobek ve většině případů stejně kontrolou neprošel. Naproti tomu, lidské oko by ji hodnotilo jako celek.

4. DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při běžném způsobu vyhodnocování, kterou zajišťuje pracovník se obvykle stane, že projdou kontrolou i vadné díly. Práce testujícího pracovníka je jednotvárná a namáhavá na zrak, proto často dochází ke ztrátě jeho koncentrace a tím i spolehlivosti. Tento problém lze odstranit automatickým vyhodnocováním pomocí výpočetní techniky.

Tento způsob ovšem přináší i několik nevýhod, mezi nejzásadnější se řadí obtížné zavedení podmínek zaručujících rozeznání falešných a relevantních indikací, jakými jsou např. místa hran a přehybů, u kterých se nahromadí zateklá suspenze. Zkušený pracovník by na rozdíl od programu takového zdánlivé vady s největší pravděpodobností neomylně identifikoval.

Značnou výhodou automatizovaného zpracování oproti klasickému způsobu, pomineme-li skutečnost, že je šetrnější ke zraku pracovníka zajišťujícího kontrolu je zejména větší rychlost, neúnavnost, přesnost a reprodukovatelnost, se kterou je možno určit množství, rozměry a vzdálenosti jednotlivých vad, což vede ke kvalitnějšímu zhodnocení, zda testovaná součást vyhovuje požadované normě nebo předpisu.

Cílem automatizovaného vyhodnocování je zajistit větší ekonomičnost a kvalitu kontroly eliminací nepřesností a chyb, způsobených lidským faktorem.

Předpokladem je zkoušení důležitých nebo kritických součástí, používaných v leteckém nebo automobilovém průmyslu a přesné vymezení plochy na součásti, na které se vyhodnocování provádí. Dalším předpokladem je začlenění automatizovaného vyhodnocovacího systému do zkušební linky tak, aby k vyhodnocování mohlo docházet ihned po provedení magnetické zkoušky. Obrazové záznamy pořízené během nebo po zkoušení součásti magnetickou práškovou metodou jsou přeneseny do počítače, kde dojde k jejich automatickému zpracování a vyhodnocení, pomocí softwarového vybavení. Zpravidla je žádoucí, aby docházelo k okamžitému obrazovému vyhodnocení příslušného zkoušeného dílu, z důvodů jeho včasného vytřídění. Proto je kladen důraz nejen na kvalitu vyhodnocení, ale i na jeho rychlost. Tu ovlivňuje mimo použitého software a zapojení také kvalita nasnímaných dat.

Proto je důležitá zabývat se zjednodušením obrazové informace ještě před jejím zpracováním pomocí software. Obrazovou informaci můžeme zjednodušit správnou volbou osvětlovací a snímací techniky a volbou nejvhodnějších poloh uspořádání snímacího a osvětlovacího systému.

4.1. Volba osvětlovací techniky: porovnání výsledků při použití výbojkové lampy a LED diod pro osvětlení vzorků

Osvětlovací technika Labino model PH 135 má dostatečnou vyzařovací intenzitu na osvětlení vybraných vzorků, použitý woodův filtr jen minimálně propouští viditelnou složku vyzařovacího spektra, proto bylo možné s tímto zařízením provádět ostatní experimenty, jako je volba osvětlovacích úhlů. Při těchto experimentech bylo zjištěno, že jako nejlepší se jeví přímé nasvícení součásti pod úhlem 30° k horizontální rovině, při poloze digitálního fotoaparátu ve stejné výšce jako je hledaná indikace, tedy v nulovém úhlu k horizontální rovině. Toto nastavení nezkrsluje geometrii součásti, dochází zde k nejvyššímu kontrastu mezi relevantní indikací/šumem a při záznamu dat rotačních součástí dochází k odražení téměř celé intenzity odlesku směrem od objektivu.

Naproti tomu zvolené diody vykazovaly relativně malou intenzitu osvětlení při 365 nm. Intenzita vyzařování u nejvýkonnější z diod UVLED365-10 byla ze vzdálenosti 10 mm přibližně $2000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Tuto vyzařovací intenzitu má Labino model PH135 na vzdálenost 1m. Nehledě na posunutí maximální intenzity vyzařovacího spektra k 370 nm vlnové délky. To vedlo k nedostatečnému vyvolání fluorescence. Další nevýhodou diod oproti předpokladům bylo, že relativně silně vyzařovaly i ve viditelné oblasti a tím způsobovaly intenzivní odlesky, které nebylo možné účinně odfiltrovat takovým způsobem, aby nebyl odfiltrován i užitečný signál. Z těchto důvodů nebylo v aplikaci vybraných diod pro následné zpracování obrazu pokračováno.

Aby bylo možné UV LED diody úspěšně použít při metodě magnetické práškové jako zdroje UV světla je řešením pečlivé vybrání diod s maximem záření při 365 nm, velmi úzkým vyzařovacím spektrem ale především s daleko

vyšší intenzitou vyzařování. Částečným řešením zvýšení intenzity vyzařování by bylo použít větší množství diod zasazených do plochy nebo prstence.

4.2 Volba snímací techniky: Porovnání výsledků při použití digitálního fotoaparátu Olympus C-4000 Zoom a černobílé digitální kamery DVC-1310

Předpokladem automatizovaného vyhodnocování je použití barevné digitální kamery, která bohužel nebyla k dispozici.

Určitou alternativou za barevnou digitální kameru se stal digitální fotoaparát. Jeho rozlišení, manuální funkce clony a času a barevné parametry snímků působily jako bezproblémové. Mírnou nevýhodou byla automatická fokusace, která způsobovala větší či menší rozostření snímku. Tedy jedinou nevýhodou bylo postrádání červeného nebo infračerveného přisvícení pro lepší zaostření při horších světelných podmínkách.

Určité vylepšení barevné kresby by určitě přispělo použitím digitálního záznamového zařízení se snímacím prvkem Faveon X3.

U monochromatické digitální kamery DVC-1310 byl odhalen nežádoucí jev, a to „posouvání jasového spektra“, kdy při menších světelných intenzitách dochází k posunutí jasového spektra do tmavšího pásma a tím je zapříčiněna ztráta kontrastu indikace/šum což bylo pravděpodobně způsobeno automatickou redukcí 10 bitového rozsahu monochromatického pásma (1024 odstínů šedi) na pouhých 8 bitů (256 odstínů šedi) pro obrazové zpracování v software Lucia. Tyto nežádoucí vlastnosti kamery se nepodařilo zredukovat ani optickými filtry, při jejichž použití s touto kamerou se předpokládalo potlačení prachových a dalších nečistot ze snímané součástí. Proto byla pro naše účely shledána černobílá kamera jako nevhodná a v experimentech nebylo dále pokračováno.

4.3. Volba příslušenství snímací techniky - optické filtry

Na sadě vzorků typu čep jejichž poměr signál/šum byl měřen pomocí profilu vychází statisticky nejlépe kombinace polarizačních filtrů ve dvojici a barevného filtru. U vzorků typu objímky dostáváme vysoký kontrast indikace/šum při použití jakéhokoli filtru a kombinace. Je zde opět patrná nevýhoda obrazového záznamu bez použití filtrů.

4.3.1. Bez použití optických filtrů

Bez použití filtrů vykazují vzorky typu čep různé intenzity nežádoucího odlesku od zdroje UV osvětlení. Domnívám se, že fluktuace intenzity odlesků je následek nesprávného zmagnetování součástí, možného přemagnetování a další vlivy, jako např. vliv stékání fluorescenčního prášku. Při automatizovaném vyhodnocování, kde je předpoklad stejnorodosti podmínek přípravy vzorků by tento vliv pravděpodobně odpadal.

4.3.2. Dvojice polarizačních filtrů

Dvojice polarizačních filtrů účinně potlačuje odlesky, ale nefunguje účinné potlačení indikací od prachových částic a nečistot. Dochází k výraznějšímu snížení intenzity světla dopadajícího na snímač záznamové techniky, zvláště pak při použití polarizační folie před zdrojem UV osvětlení.

Nezáleží na natočení soustavy páru polarizačních filtrů. Při správně nastavení ve dvojici, tj. cirkulárního polarizačního filtru a lineární polarizační folie vůči sobě dochází k odfiltrování odlesků z jakkoli orientované plochy součástí. Nebyla prokázána ani směrovost polarizační folie, která by se mohla případně projevit u součástí s jednou osou symetrie, jako jsou například obrobky s kruhovou podstavou.

4.3.3. Oranžový filtr

U oranžového filtru je velice dobře pozorovatelné potlačení nežádoucích indikací ze součásti, jako jsou prachové částice a nečistoty. Jelikož odfiltruje záření pod hranicí 530 nm vlnové délky, dochází zde k odfiltrování podstatné části odlesku od UV osvětlení a dochází zde jen k mírnému zeslabení světla dopadající na snímač záznamové techniky.

4.3.4. Kombinace barevného a dvojice polarizačních filtrů

Při kombinaci barevného a dvojice polarizačních filtrů dochází k velice dobrému odfiltrování nežádoucích odlesků, potlačení nečistot, jako jsou prachové částice na součásti a dále je zde patrný vysoký kontrast indikace/šum. Dochází zde ale také k výraznějšímu zeslabení světla dopadající na snímač záznamové techniky. Při použití výbojkové lampy Labino, je světelnost scény na spodní hranici použitelnosti. Z menší světelnosti scény plynou delší expoziční časy a tedy delší doba zpracování snímku, která se negativně projeví při snaze o rychlé vyhodnocení.

Dále z důvodů delšího expozičního času a rizika neostroty snímku je nutný předpoklad tuhé soustavy (stojanu) držák součásti - držák záznamového zařízení. Tímto způsobem nelze pořizovat snímky součásti, která je v pohybu.

4.4. Výsledky obrazové analýzy

4.4.1. Porovnání metod předzpracování

Výběr filtru předzpracování případně i dalších dodatečných filtrů bude záviset na konkrétním typu aplikace a typu použitého optického filtru nebo filtrů případně i způsobu UV osvětlení. Proto nelze jednoznačně určit, který ze způsobů předzpracování je ten nejvhodnější. Navíc je například možné použít ještě další doplňkové filtrace v barevné či binární oblasti a nebo podmíněčnou filtraci kombinováním binární a barevné oblasti k získání dalších informací o objektech.

4.4.2. Z hlediska použitých optických filtrů

Bez použití optických filtrů je obrazová analýza poměrně složitá a zdlouhavá. Je nutná dodatečná filtrace.

Lepší variantou je použití oranžového filtru, než zpracování bez filtrů, kvůli separaci nečistot a odlesků, ale více zvýrazňuje pozadí, které je nutné různými způsoby dodatečně odfiltrovat.

Při použití dvojice polarizačních filtrů je podobně jako u oranžového filtru filtrace pouze částečným i když výhodným řešením a je nutné zvolit účinné předzpracování.

Kombinace dvojice polarizačních filtrů a oranžového filtru je na relativně intenzivní indikace tato kombinace filtrů velmi vhodná. Většinou už není potřeba indikace filtrovat a stačí je pouze prahovat. Což je výrazné urychlení procesu předzpracování. Nicméně méně intenzivní vady by takto mohly být částečně nebo úplně potlačeny. Z toho plyne nutnost zvýšení intenzity prošlého světla buď propustnějšími filtry nebo výkonnějším zdrojem UV záření. Další variantou by mohla být delší expozice, ale tento ztrátový čas by mohl být nežádoucí.

5. ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout podmínky pro pořízení obrazových dat při automatickém vyhodnocování obrazové informace z nedestruktivního zkoušení magnetickou metodou práškovou.

Teoretická část shrnuje poznatky o magnetické metodě práškové, UV osvětlení, snímací technice, optických filtrech a obrazové analýze.

Experimentální část se zabývá volbou podmínek magnetické metody práškové, volbou vhodných vzorků, osvětlovací technikou a podmínkami nasvícení, snímací technikou a podmínkami snímání dat, volbou optických filtrů a průběhem obrazové analýzy.

Přílohy obsahují snímky sad vzorků, kde jsou uvedeny informace o jasů indikací a šumu, změřeny pomocí funkce profilu, dále seznam použitých měřících přístrojů, snímky součástí při volbě polohy osvětlení, při osvětlení LED diodami, vlivy polohy a uspořádání optických filtrů na výsledná nasnímaná data.

Z experimentálních zkoušek plynou tyto závěry:

1) Jako vhodné se z dostupných osvětlovacích zařízení jeví Labino model PH 135 pro svou dostatečnou vyzařovací intenzitu. Vzhledem k použitému optickému filtru docházelo k minimálnímu vyzařování ve viditelné oblasti.

- Při přímém nasvícení součásti pod úhlem 30° k horizontální rovině a při poloze záznamového zařízení v nulovém úhlu k horizontální rovině a téhož úhlu k vertikální rovině s osvětlením, bylo dosaženo nejlepších výsledků rozložení jasů.

- Zvolené diody vykazovaly malou intenzitu UV záření a pro jejich použití by byla nutná pečlivá volba parametrů i jejich počtu.

2) Pro snímání dat je předpoklad nejvhodnějšího zařízení barevné digitální kamery.

- Digitální fotoaparát Olympus C-4000 Zoom byl za daných podmínek zvolen jako vhodný kompromis a náhrada za barevnou digitální kameru. Jeho asi největší nevýhodou byla automatická fokusace. Určité vylepšení by skýtal snímací čip Faveon X3.

- Černobílá kamera v kombinaci se software Lucia byla shledána jako nevhodná hlavně díky posouvání jasového spektra a redukce 10 bitové šedotónové hloubky na 8 bitovou.

3) Při použití optických filtrů a zhodnocení pomocí funkce profilu na záznamech sady vzorků vychází nejlépe kombinace polarizačních filtrů a oranžového filtru.

- Bez použití filtrů vykazují snímky nežádoucí odlesky od zdroje UV osvětlení.

- S použitím dvojice polarizačních filtrů dochází k odfiltrování odlesků, ale dochází ke zvýraznění nečistot a prachových částic.

- S použitím oranžového filtru nastává potlačení nežádoucích indikací ze součásti a částečné odfiltrování odlesků.

- Při použití filtrů v kombinaci jsou sečteny jejich kladné vlastnosti, ale je oslabena intenzita světla dopadající na snímač záznamové techniky.

4) Obecné porovnání metod předzpracování je obtížné, spíše bude záviset více na konkrétní aplikaci a její náročnosti z hlediska rychlosti zpracování dat, složitosti zkoušeného dílu a charakteru hledaných indikací. Nelze tedy jednoznačně určit, který ze způsobů je nejvhodnější. Lze pouze shrnout výsledky předzpracování pro každou optickou metodu zvlášť.

- Bez použití optických filtrů je obrazová analýza poměrně složitá a zdlouhavá.

- S použitím oranžového filtru probíhá separace nečistot a odlesků, ale více se zvýrazňuje pozadí, které je nutné dodatečně odfiltrovat.

- Při použití dvojice polarizačních filtrů je filtrace pouze částečným i když výhodným řešením a je ale nutné zvolit účinné předzpracování pro odfiltrování případných nečistot.

- Kombinace dvojice polarizačních filtrů a oranžového filtru je na relativně intenzivní indikace velmi vhodná, většinou stačí provést pouze prahování. Na druhou stranu je zde nevýhoda větší segmentace indikace a nebezpečí nezaregistrování méně intenzivních indikací.

Seznam použitých zkratek

A/D	analogově digitální
AF	autofocus
apod.	a podobně
cca	cirka
CCD	Charge Coupled Device (zařízení vázané nábojem)
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
č.	číslo
EV	exposure value (expoziční hodnota)
FFT	Fast Fourier Transformation (rychlá Fourierova transformace)
HST	hustota světelné transformace
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LCD	Liquid Crystal Display (displej s kapalnými krystaly)
LED	light emitting diod (světlo emitující dioda)
MPEG	Morión Picture Experts Group
MT	Magnetic Particle Testing (magnetická prášková metoda)
např.	například
ND	Neutral Density (neutrální hustota)
Obr.	Obrázek
OSD	On Screen Display (na obrazovce displeje)
pixel	picture element (obrazový bod)
RGB	Red Green Blue (červená, zelená, modrá)
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
tab.	tabulka
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný
UV	Ultra Violet (ultrafialový)
zoom	proměnná ohnisková vzdálenost objektivu

Použitá Literatura

- 1- KŘÍŽ, R. - VÁVRA, P.: Strojírenská příručka. sv. 3.. Praha : Scientia, 1993. 224 s.
- 2- PLUHAŘ, J. - KORITTA, J.: Strojírenské materiály. 3. vyd. Praha : SNTL, 1981. 562 s.
- 3- JANDURA, V – et alii.: Základy NDT zkoušení. Praha : ATG s.r.o., 2002.
- 4- VĚCHET, M – et alii.: Defektoskopie v otázkách a odpovědích. 1. vyd. Praha : SNTL, 1989. 328 s.
- 5- STUHLÝ, M.: Obrazová analýza nedestruktivního zkoušení materiálu magnetickou metodou. [Diplomová práce]. Liberec 2002. 62 s. Technická univerzita v Liberci. Fakulta strojní. Vedoucí diplomové práce doc.Ing. Petr Louda, CSc.
- 6- ŠTORCH, A.: LED diody. Referáty na elektroniku atd., [cit. 23.2.2006; 14.32h SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): <http://www.sefik2kanka.wz.cz/NEW/referaty-normal.html>
- 7- , -.: Wood's glass - Wikipedia, the free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org/>, 1999, [cit. 28.04.2006; 9.42 SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): http://en.wikipedia.org/wiki/Wood's_glass
- 8- HRNČÍŘ, B.: Výrobky světelné techniky jako zdroje odpadů s obsahem rtuti. stránky společnosti FCC PUBLIC, 3/2001, [cit. 24.03.2006; 14.18 SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): <http://www.automa.cz/elektro/2001/el030104.htm>
- 9- , -.: Technika - Základní dělení světelných zdrojů. Web veřejného osvětlení - TECHNIKA, -, [cit. 14.03.2006; 15.02 SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): <http://verejneosvetleni.wz.cz/technika.htm>

- 10- , -.: LED diody. 2man.wz.cz, -, [cit. 14.03.2006; 15.43 SEč]. Dostupné na webovém stránce (world wide web): <http://2man.wz.cz/index.php?page=23>
- 11- NOVÁK, J.: Digitální fotografie a video v praxi. 1. vyd. Praha : Grada, 2001. 159 s.
- 12- PECINOVSKÝ, J.: Digitální fotografie na počítači. 1. vyd. Praha : Grada, 2003. 84 s.
- 13-, webmaster(at) azfoto.cz.: Snímací čip. AZ FOTO - Snímací čip, -, [cit. 16.02.2006; 13.12h SEč]. Dostupné na webovém stránce (world wide web): http://www.azfoto.cz/_web/_informace/digital_pod_lupou_cip.php
- 14- VERLAG, A.: Grundkurs Digitale fotografie. Munchen : Weltbild Ratgeber Verlage, 2001. 80 s.
- 15- MAY, A.: Digitální fotografie. 1. vyd. Praha : Slovart, 2002. 72 s.
- 16- , -.: Strojní vidění. FCC průmyslové kamery, -, [cit. 22.04.2006; 15.21h SEč]. Dostupné na webovém stránce (world wide web): <http://www.fccps.cz/wpengine.php?modulename=10katalog&act=katopen&id=137>
- 17- SVOBODA, J.: Digitální vysokorychlostní kamery pro výrobní linky. stránky časopisu ELEKTRO, 12/20004, [cit. 22.04.2006; 13.22h SEč]. Dostupné na webovém stránce (world wide web): <http://www.automa.cz/elektro/2004/el120415.htm>
- 18-BŘEZINA, J.: Fotografické filtry v digitální praxi I.. Fotografické filtry v digitální praxi I. (fotografovani.cz), 2003, [cit. 16.02.2006; 14.22h SEč]. Dostupné na webovém stránce (world wide web): http://www.fotografovani.cz/art/fotech_df/filtry-I.html

- 19-FILIPÍ, D.: Fotografické filtry v digitální praxi III. - Polarizační. Fotografické filtry v digitální praxi III. - Polarizační (fotografovani.cz), 2003, [cit. 16.02.2006; 14.27h SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): http://www.fotografovani.cz/art/fotech_df/filtry3.html
- 20-KARBUSICKÝ, J.: FENOMÉN ZVANÝ POLARIZAČNÍ FILTR. Fenomén zvaný polarizační filtr, -, [cit. 16.02.2006; 14.55h SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): <http://www.photorevue.cz/Sekce7/clan73.htm>
- 21-, -: Manuál k systému obrazové analýzy Lucia. Praha : Laboratory Imaging, 2001
- 22-HLAVÁČ, V. - SEDLÁČEK, M.: Zpracování signálu a obrazu. Praha : Elektrotechnická fakulta ČVUT, 1999. 107 s
- 23-TEZAUR, R.: Polarizační filtry: Teorie. Polarizační filtry: Teorie - PALADIX foto-on-line, -, [cit. 15.5.2006; 23.46h SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): <http://www.paladix.cz/clanky/10021.html?PLXID=63c0d2a31866a97864d2c2e554e594d1>
- 24-PIHAN, R.: Vnímání a zaznamenávání RGB barev - co to "RGB" vlastně znamená. Color management, 25/11/2003, [cit. 15.5.2006; 22.41h SEČ]. Dostupné na webové stránce (world wide web): http://www.fotoroman.cz/techniques/color_management.htm

Přílohy

č.1 Sada vzorků

č.2 Měření průběhů a intenzit

č.3 Nastavení polohy osvětlení

č.4 LED diody

č.5 Vliv polarizačních filtrů ve dvojici

č.6 Poloha polarizačního filtru

Příloha č. 1 SADA VZORKŮ, Záznamy snímků viz. přiložené CD

Datum:7.4.06 čas:13:36

Klasické uspořádání, bez filtrů, čepy.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ne	Ne	

Pozn. č.1 PF – dvojice polarizačních filtrů, OF – oranžový filtr

Pozn. č.2 Volba času při dané cloně a intenzitě osvětlení byla volena tak, aby světelnost expozice činila -2,7 až – 3,0 EV. Toto platí u veškerého záznamu.

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1112	1/15"	F2,8	-3,0			207	113	1,83	P1010001
2	X1112	1/13"		-3,0						
3	X1112	1/10"		-2,7						
5	X1113	1/13"	F2,8	-3,0			211	60	3,52	P1010005
10	X1114	1/13"	F2,8	-3,0			253	115	2,20	P1010010
12	X1114	1/15"		-3,0						
14	X1115	1/15"	F2,8	-3,0			241	130	1,85	P1010014
18	X1116	1/10"	F2,8	-3,0			255	137	1,90	P1010019
22	X1117	1/10"	F2,8	-2,7			255	134	1,90	P1010023
27	X1118	1/10"	F2,8	-3,0			248	80	3,10	P1010027
31	X1119	1/15"	F2,8	-3,0			245	107	2,29	P1010032
33	X1119	1/10"	F2,8	-2,7						
35	X1120	1/10"	F2,8	-3,0			243	98	2,48	P1010036
39	X1121	1/10"	F2,8	-2,7			255	135	1,89	P1010040
43	X1122	1/10"	F2,8	-3,0			255	122	2,09	P1010043
47	X1123	1/13"	F2,8	-3,0			214	116	1,84	P1010048
51	X1124	1/13"	F2,8	-3,0			200	124	1,61	P1010051

Datum:7.4.06 čas:14:27

Klasické uspořádání, bez filtrů, objímky.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ne	Ne	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1101	1/10"	F2,8	-3,0			255	43	5,93	P1010001
2	X1101	1/8"	F2,8	-3,0						
3	X1101	1/6"	F2,8	-3,0						
5	X1102	1/5"	F3,2	-3,0			142	35	4,05	P1010005
10	X1103	1/4"	F2,8	-3,0			177	41	4,32	P1010011
14	X1104	1/6"	F2,8	-3,0			216	152	1,42	P1010014
18	X1105	1/5"	F2,8	-3,0			255	95	2,68	P1010018
22	X1106	1/6"	F2,8	-3,0			141	45	3,13	P1010022
26	X1107	1/5"	F2,8	-3,0			63	27	2,33	P1010026
30	X1108	1/4"	F2,8	-3,0			197	33	5,97	P1010031
34	X1109	1/6"	F2,8	-3,0			246	58	4,24	P1010034
35	X1109	1/5"	F2,8	-3,0						
38	X1110	1/6"	F2,8	-3,0			154	23	6,70	P1010039
40	X1110	1/5"	F2,8	-3,0						
42	X1111	1/5"	F2,8	-3,0			121	29	4,17	P1010042

Datum:7.4.06 čas:16:18

Klasické uspořádání, oranžový filtr, čepy.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ne	Ano	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1112	1/8"	F2,8	-3,0			207	90	2,30	P1010001
4	X1112	1/6"	F2,8	-3,0						
5	X1113	1/6"	F2,8	-2,7			224	86	2,60	P1010005
7	X1113	1/6"	F2,8	-3,0						
9	X1114	1/8"	F2,8	-3,0			239	56	2,60	P1010009
13	X1115	1/10"	F2,8	-3,0			221	80	2,76	P1010013
17	X1116	1/6"	F2,8	-3,0			255	120	2,13	P1010017
21	X1117	1/6"	F2,8	-3,0			255	87	2,93	P1010022
24	X1117	1/6"	F2,8	-2,7						
25	X1118	1/6"	F2,8	-3,0			255	44	5,80	P1010026
27	X1118	1/5"	F2,8	-3,0						
29	X1119	1/8"	F2,8	-3,0			241	100	2,41	P1010029
33	X1120	1/5"	F2,8	-3,0			255	91	2,80	P1010033
35	X1120	1/6"	F2,8	-2,7						
37	X1121	1/6"	F2,8	-3,0			255	134	1,90	P1010038
41	X1122	1/6"	F2,8	-3,0			231	87	2,66	P1010042
42	X1122	1/5"	F2,8	-3,0						
45	X1123	1/8"	F2,8	-3,0			255	140	1,82	P1010045
49	X1124	1/6"	F2,8	-3,0			236	95	2,48	P1010049

Datum:7.4.06 čas:15:33

Klasické uspořádání, oranžový filtr, objímky.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ne	Ano	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1101	1/4"	F2,8	-3,0			255	41	6,22	P1010001
5	X1102	1/3"	F2,8	-2,7			122	27	4,52	P1010005
9	X1103	1/3"	F2,8	-2,7			127	21	6,05	P1010009
13	X1104	1/4"	F2,8	-3,0			195	43	4,53	P1010013
15	X1104	1/3"	F2,8	-3,0						
16	X1104	1/3"	F2,8	-2,7						
17	X1105	1/3"	F2,8	-2,7			231	40	5,78	P1010017
20	X1105	1/3"	F2,8		Rozsvícené světlo					
22	X1106	1/3"	F2,8	-2,7			175	10	1,75	P1010023
26	X1107	1/3"	F2,8	-3,0			37	11	3,36	P1010026
30	X1108	1/2"	F2,8	-3,0			178	16	11,13	P1010031
34	X1109	1/3"	F2,8	-3,0			212	117	1,81	P1010034
38	X1110	1/3"	F2,8	-3,0			83	14	5,93	P1010038
42	X1111	1/2,5"	F2,8	-3,0			43	14	3,07	P1010042

Datum:13.4.06 čas:10:06

Klasické uspořádání, polarizační filtr, čepy.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ano	Ne	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1112	1,3"	F2,8	-2,7			184	87	2,11	P1010009
5	X1113	1,3"	F2,8	-2,7			177	51	3,47	P1010013
9	X1114	1,3"	F2,8	-2,7			238	104	2,29	P1010018
13	X1115	1,3"	F2,8	-2,7			232	109	2,13	P1010022
17	X1116	1,3"	F2,8	-2,7			213	61	3,49	P1010025
21	X1117	1,3"	F2,8	-2,7			222	48	4,63	P1010030
25	X1118	1,3"	F2,8	-2,7			237	42	5,64	P1010033
29	X1119	13"	F2,8	-2,7			197	61	3,23	P1010038
30	X1119	1/1,3"	F2,8	-3,0						
31	X1119	1"	F2,8	-3,0						
34	X1120	1/1,3"	F2,8	-3,0			218	60	3,63	P1010042
38	X1121	1"	F2,8	-3,0			191	37	5,16	P1010047
42	X1122	1"	F2,8	-3,0			183	46	3,98	P1010051
46	X1123	1/1,3"	F2,8	-3,0			159	36	4,42	P1010055
50	X1124	1/1,3"	F2,8	-3,0			167	42	3,98	P1010058

Datum:13.4.06 čas:11:08

Klasické uspořádání, polarizační filtr, objímky.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	25cm	25cm	Ano	Ne	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1101	1"	F2,8	-2,7			255	32	7,97	P1010001
2	X1101	1/1,3"	F2,8	-3,0						
5	X1102	1"	F2,8	-3,0			189	22	8,59	P1010005
9	X1103	1"	F2,8	-2,7			185	41	4,51	P1010010
13	X1104	1/1,6"	F2,8	-3,0			208	43	4,84	P1010014
17	X1105	1/1,3"	F2,8	-3,0			242	37	6,54	P1010017
21	X1106	1/1,6"	F2,8	-3,0			121	28	4,32	P1010022
23	X1106	1/1,3"	F2,8	-3,0						
25	X1107	1/1,3"	F2,8	-3,0			49	16	3,06	P1010026
29	X1108	1"	F2,8	-3,0			149	23	6,48	P1010030
33	X1109	1/1,6"	F2,8	-3,0			185	39	4,74	P1010034
37	X1110	1/1,6"	F2,8	-3,0			147	31	4,74	P1010037
41	X1111	1/1,6"	F2,8	-3,0			88	27	3,26	P1010041

Datum:13.4.06 čas:12:21

Klasické uspořádání, polarizační i oranžový filtr, čepy.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ano	Ano	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1112	1,3"	F2,8	-2,7			173	34	5,09	P1010002
5	X1113	1,3"	F2,8	-2,7			127	10	12,7	P101007
11	X1114	1,3"	F2,8	-2,7			197	30	6,57	P1010012
15	X1115	1,3"	F2,8	-2,7			152	36	4,22	P1010016
19	X1116	1,3"	F2,8	-2,7			173	22	7,86	P1010020
23	X1117	1,3"	F2,8	-2,7			137	19	7,21	P1010024
27	X1118	1,3"	F2,8	-2,7			168	22	7,63	P1010029
31	X1119	1"	F2,8	-3,0			157	25	6,28	P1010032
35	X1120	1"	F2,8	-3,0			171	23	7,43	P1010036
39	X1121	1"	F2,8	-3,0			135	19	7,11	P1010041
43	X1122	1"	F2,8	-3,0			49	18	2,72	P1010044
47	X1123	1"	F2,8	-2,7			147	25	5,88	P1010049
51	X1124	1"	F2,8	-3,0			130	22	5,91	P1010053

Datum:13.4.06 čas:13:23

Klasické uspořádání, polarizační + oranžový filtr, objímky.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry		
					PF	OF	
0°	30°	0°	25cm	25cm	Ano	Ano	

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky		Signál	Šum	Poměr signál/šum	Obrázek .jpg
1	X1101	1"	F2,8	-3,0			224	43	5,21	P1010002
5	X1102	1"	F2,8	-3,0			164	22	7,45	P1010006
9	X1103	1"	F2,8	-3,0			209	29	7,21	P1010010
13	X1104	1"	F2,8	-2,7			177	51	3,47	P1010014
17	X1105	1"	F2,8	-2,7			247	25	9,88	P1010017
21	X1106	1"	F2,8	-2,7			168	44	3,82	P1010021
25	X1107	1"	F2,8	-2,7			92	40	2,30	P1010025
29	X1108	1,3"	F2,8	-2,7			173	29	5,97	P1010030
33	X1109	1,3"	F2,8	-2,7			216	51	4,24	P1010033
36	X1109	1,3"	F2,8	-2,3						
37	X1110	1"	F2,8	-3,0			154	35	4,40	P1010037
41	X1111	1/1,3"	F2,8	-3,0			86	21	4,10	P1010042

Příloha č.2 Měření průběhů a intenzit

Grafy č. 1 až 5 byly změřeny na přístrojích:

a) na světelném generátoru vlnových délek od 190 do 1110 nm firmy

Top Sensor Systém model: Deuterium-Halogen Light Source DH-2000 viz. obr. a.

b) na snímači UV-A záření firmy Spectrolin, model DSE-100X/L s připojeným senzorem DIX-365A viz obr. b.



Obr. a) světelný generátor firmy Top Sensor



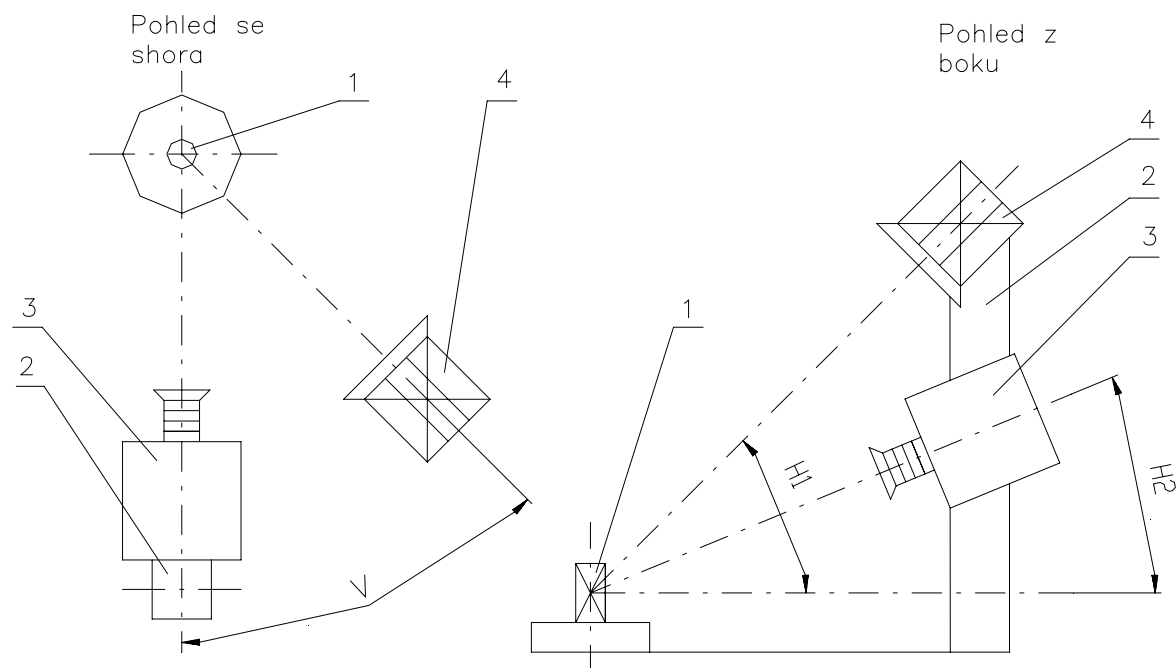
Obr. b) Snímač UVA záření firmy Spectrolin

Příloha č. 3 NASTAVENÍ POLOHY OSVĚTLENÍ, Záznamy snímků viz. příložené CD

Datum: 23.3.06 čas: 13:26

Experimentální zkoušení nasvícení pod různým úhlem. Bez použití filtrů. Vzdálenost digitálního fotoaparátu 30 cm.

Obrázek .jpg	Vzorek	Čas	Clona	Horizontální úhel kamery/foto	Horizont. úhel UV osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV
P1010001	X1101	1/10"	F2,8	30°	30°	0°	40 cm
P1010004	X1101	1/6"	F2,8	30°	30°	0°	35 cm
P1010007	X1101	1/10"	F2,8	30°	45°	0°	50 cm
P1010010	X1101	1/5"	F2,8	30°	80°	0°	90 cm
P1010013	X1101	1/8"	F2,8	30°	10°	15°	40 cm
P1010016	X1101	1/6"	F2,8	30°	10°	30°	40 cm
P1010019	X1101	1/13"	F2,8	30°	10°	75°	30 cm



Obr 87. Schéma focení

1 – součást, 2 – stativ, 3 – záznamové zařízení, 4 – UV osvětlení, V – vertikální úhel, H1 – horizontální úhel mezi součástí a UV osvětlením, H2 – horizontální úhel mezi součástí a záznamovým zařízením

Příloha č.4 LED Diody, Záznamy snímků viz. přiložené CD

Datum:6.4.06 čas:15:11

Nastavení u digitálního fotoaparátu clony a času uzávěrky tak, aby světelnost obrázku činila - 2,7 až – 3,0 EV

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry	
					PF	OF
Nasvíceno ručně				30cm	Ne	Ne

č.	Vzorek	Clona	Poznámky	Obrázek .jpg	Soubor: UV diody 1
1	X1120	F2,8	Dioda RLT 365-525	P1010028	
2	X1120	F2,8	Dioda UV LED365-10	P1010029	
3	X1120	F2,8	Dioda UV LED365-10	P1010030	
4	X1120	F2,8	Dioda NS365-5CLA	P1010031	

Taktéž nasvíceno ručně, použitá LED dioda UV LED365-10:

č.	Vzorek	Clona	Vzdálenost fotoaparátu	Filtry		Obrázek .jpg	Soubor: UV LED 365-10-A
				PF	OF		
1	X1120	F2,8		Ne	Ne	P1010001	
2	X1120	F2,8		Ne	Ne	P1010002	
3	X1120	F2,8	3cm	Ne	Ne	P1010004	
4	X1120	F2,8	10cm	Ne	Ne	P1010005	
5	X1120	F2,8	10cm	Ne	Ne	P1010006	
6	X1120	F2,8	4cm	Ne	Ano	P1010007	
7	X1120	F2,8		Ne	Ano	P1010008	
8	X1120	F2,8	10cm	Ne	Ano	P1010009	
9	X1120	F2,8	15cm	Ne	Ano	P1010010	
10	X1120	F2,8	seshora	Ne	Ano	P1010011	
11	X1120	F2,8	seshora	Ne	Ano	P1010012	

Příloha č.5 VLIV POLARIZAČNÍHO FILTRU V PÁRU, Záznamy snímků viz. přiložené CD

Datum:23.3.06 čas:15:24

Časy uzávěrky voleny tak, aby při dané světlosti objektivu byla světelnost scény -2,7 až -3,0 EV.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost kamery / foto
0°	0°	30°	30cm

Před UV osvětlení byla použita polarizační folie, před foto byl použit cirkulární polarizační filtr firmy Kenko na průměr objektivu 55mm.

Experimentální zkoušení focení jedné součásti bez filtrů P1010001 až P1010003,

S oranžovým filtrem P1010004 až P1010006

Pouze polarizační folie před UV osvětlením P1010007 až P1010009

Cirkulární polarizační filtr před foto + polarizační folie před UV P1010010 až P1010012

Pouze cirkulární polarizační filtr před foto P1010013 až P1010015

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Vzdálenost UV světla	Poznámky	filtry		Obrázek .jpg
							PF	OF	
1až3	X1101	1/15"	F2,8	-3,0	30cm		Ne	Ne	P1010001
4až6	X1101	1/10"	F2,8	-3,0	30cm		Ne	Ano	P1010004
7až9	X1101	1/2"	F2,8	-2,7	50cm	Pouze filtr před UV	Ano	Ne	P101007
10až12	X1101	1"	F2,8	-3,0	50cm	Filtr před UV + filtr před foto	Ano	Ne	P1010010
13až15	X1101	1/3"	F2,8	-3,0	50cm	Pouze filtr před foto	Ano	Ne	P1010013

Příloha č.6 POLOHA POLARIZAČNÍHO FILTRU, Záznamy snímků viz. příložené CD

Datum:6.4.06 čas:11:34

Otáčení polarizační folie o úhel 90° z referenční polohy 1 do polohy 2.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry	
					PF	OF
0°	30°	0°	30cm	30cm	Ano	Ne

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky	Obrázek .jpg
1 až 3	X1120	1,3"	F2,8	-2,7	Úhel polarizační folie 0°	P101001 až P101003
4 až 6	X1120	1,3"	F2,8	-2,3	Úhel polarizační folie 90°	P101004 až P101006
7 až 9	X1120	1"	F2,8	-3,0	Úhel polarizační folie 0°	P101007 až P101009
10 až 12	X1120	1"	F2,8	-3,0	Úhel polarizační folie 90°	P101010 až P101012

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry	
					PF	OF
0°	0°	30°	30cm	30cm	Ano	Ne

Nasvíceno z boku pro získání maximálního odlesku na rotační součásti.

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky	Obrázek
13 až 15	X1120	1,3"	F2,8	-3,0	Úhel polarizační folie 90°	P101013 až P101015
16 až 18	X1120	1,3"	F2,8	-2,7	Úhel polarizační folie 0°	P101016 až P101018
19 až 21	X1120	1,3"	F2,8	-2,7	Úhel polarizační folie 90°	P101019 až P101021
22 až 24	X1120	1,3"	F2,8	-2,7	Úhel polarizační folie 0°	P101022 až P101024

Datum:6.4.06 čas:16:50

Natáčení polarizační folie pod uhem 45° , tedy mezi referenční polohu 1 a 2.

Horizont. úhel kamery	Horizont. úhel osvětlení	Vertikální úhel	Vzdálenost UV světla	Vzdálenost kamery / foto	filtry	
					PF	OF
0°	0°	45°	30cm	40cm	Ano	Ne

č.	Vzorek	Čas	Clona	Světelnost	Poznámky	Obrázek
5 až 7	X1120	1,3"	F2,8	-3,0	Úhel polarizační folie 45°	P101005 až P101007
8 až 10	X1120	1,3"	F2,8	-3,0	Úhel polarizační folie 45°	P101008 až P1010010